

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO TECNOLÓGICO
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

COMPARAÇÃO DOS PADRÕES DE QUALIDADE EXIGIDOS POR DIRETRIZES
NACIONAIS E INTERNACIONAIS PARA APROVEITAMENTO DE ÁGUA
PLUVIAL

ALINE ELOIZE BORGERT

FLORIANÓPOLIS

2018

Aline Eloize Borgert

**COMPARAÇÃO DOS PADRÕES DE QUALIDADE EXIGIDOS POR DIRETRIZES
NACIONAIS E INTERNACIONAIS PARA APROVEITAMENTO DE ÁGUA
PLUVIAL**

Trabalho de Conclusão do Curso de Graduação em
Engenharia Civil do Centro Tecnológico da
Universidade Federal de Santa Catarina como
requisito para a obtenção do Título de Bacharel em
Engenharia Civil
Orientador: Prof. Dr. Enedir Ghisi

Florianópolis

2018

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,
através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Universitária da UFSC.

Borgert, Aline Eloize Borgert
COMPARAÇÃO DOS PADRÕES DE QUALIDADE EXIGIDOS POR
DIRETRIZES NACIONAIS E INTERNACIONAIS PARA APROVEITAMENTO
DE ÁGUA PLUVIAL / Aline Eloize Borgert Borgert ;
orientador, Enedir Ghisi Ghisi, 2018.
64 p.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) -
Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico,
Graduação em Engenharia Civil, Florianópolis, 2018.

Inclui referências.

1. Engenharia Civil. 2. Água pluvial. 3. Normas. 4.
Padrões de qualidade. I. Ghisi, Enedir Ghisi. II.
Universidade Federal de Santa Catarina. Graduação em
Engenharia Civil. III. Título.

Aline Eloize Borgert

**COMPARAÇÃO DOS PADRÕES DE QUALIDADE EXIGIDOS POR DIRETRIZES
NACIONAIS E INTERNACIONAIS PARA APROVEITAMENTO DE ÁGUA
PLUVIAL**

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi defendido e julgado adequado para obtenção do
Título de Bacharel em Engenharia Civil e aprovado em sua forma final.

Florianópolis, 22 de novembro de 2018.

Prof. Wellington Longuini Repette, Dr.
Chefe de Departamento

Banca Examinadora:

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'E. Ghisi', is positioned above a horizontal line.

Prof. Enedir Ghisi, Dr.

Orientador

Universidade Federal de Santa Catarina

Prof.^a Liseane Padilha Thives, Dr.^a
Universidade Federal de Santa Catarina

Prof.^a Ana Kelly Marinoski Ribeiro, Dr.^a
Universidade Federal de Santa Catarina

AGRADECIMENTOS

Agradeço especialmente à minha família, minha mãe Edilce Locks Borgert e meu pai Altair Borgert, que não mediram esforços para oferecer a mim e ao meu irmão, Eduardo Augusto Borgert, apoio, educação e, acima de tudo, amor. Sou muito grata por tudo que fizeram e fazem por mim.

Ao professor Enedir Ghisi, por sua orientação ao longo da realização deste e de outros trabalhos e também pela excelência em lecionar. Agradeço também às participantes da banca, querida professora Liseane Padilha Thives e professora Ana Kelly Marinoski Ribeiro.

Aos demais professores do curso de Engenharia Civil por todas as oportunidades de aprendizado, dentro ou fora da sala de aula. Em especial ao professor Cláudio César Zimmermann, pela confiança e oportunidade de participar do PET Eng. Civil, período de grande crescimento pessoal e profissional.

Aos meus amigos, sempre presentes e dispostos a ajudar. Obrigada Júlia May Vendrami, Leticia Dalpaz, Leticia Moy, Pâmela Betiatto e Pietro da Rocha Macalossi pela parceria, carinho, conversas maravilhosas e auxílio em trabalhos e provas ao longo destes anos. Obrigada também a todos os amigos que encontrei no PET, na UFSC, no colégio ou que em algum outro momento entraram em minha vida; em especial ao Lucas Andrade, que acompanhou de perto este período.

Agradeço também a todos que, direta ou indiretamente, participaram de minha jornada na graduação e colaboraram para a realização deste trabalho.

RESUMO

Estratégias para uso racional da água são de extrema importância para a conservação dos recursos hídricos. Em meios urbanos, a substituição de água potável proveniente de sistemas públicos de abastecimento por fontes alternativas vem sendo utilizada para suprir as necessidades de uso menos restritivas. Dentre as tecnologias disponíveis para este fim, destacam-se os sistemas de aproveitamento de água pluvial. Este trabalho tem como objetivo comparar o padrão de qualidade de água exigido pela norma brasileira de sistemas de aproveitamento de água pluvial, NBR 15527/2007, com diretrizes nacionais e internacionais sobre o assunto. Foram analisadas legislações, manuais e normas brasileiras a respeito de água pluvial, água cinza, balneabilidade e potabilidade, além de diretrizes alemãs, estadunidenses e australianas sobre sistemas de aproveitamento de água pluvial. Inicialmente foram identificados os padrões de qualidade de água exigidos pelos documentos nacionais. A partir disto, foram constatadas semelhanças e divergências entre os requisitos de acordo com as finalidades de uso das águas. Posteriormente, o mesmo foi feito com os documentos internacionais, verificando-se também as indicações a respeito do funcionamento do sistema, além da qualidade da água recomendada. Comparando-se os dados obtidos com a norma brasileira de água pluvial, verifica-se que há incoerência em suas exigências. Os resultados sugerem que a atual versão da NBR 15527/2007 é demasiadamente restritiva. Com base nos documentos estudados, foi elaborado um modelo como sugestão para modificação da norma, com diferentes padrões de qualidade e finalidades de uso, visando melhor adequação ao cenário global atual. Por fim, comparou-se a qualidade de água pluvial encontrada na literatura com os novos limites de parâmetros. Verifica-se que as alterações possivelmente tornariam sistemas de aproveitamento de água pluvial mais populares, contribuindo para a conservação dos recursos hídricos.

Palavras-chave: Água pluvial; Normas nacionais e internacionais; Padrões de qualidade.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Fluxograma do método de análise dos documentos.....	30
--	----

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Normas atendidas pela qualidade de água pluvial para diferentes autores.....	27
Tabela 2 – Potencial de economia obtido para diferentes autores.....	27
Tabela 3 – Qualidade de água pluvial obtida por diversos autores	28
Tabela 4 – Qualidade exigida pela NBR 13969/1997 para água cinza	33
Tabela 5 – Qualidade exigida pela Resolução nº 274 do CONAMA para balneabilidade	34
Tabela 6 – Qualidade exigida pela Resolução 357/2005 do CONAMA.....	36
Tabela 7 – Qualidade exigida pelo Manual da ANA 2005 para água cinza.....	37
Tabela 8 – Qualidade exigida pela NBR 15527 para água pluvial.....	38
Tabela 9 – Qualidade exigida pela Portaria nº 2914 do MS para potabilidade	40
Tabela 10 – Qualidade exigida pela DIN 16941 para parâmetros físico-químicos.....	42
Tabela 11 – Qualidade exigida pela DIN 16941 para parâmetros biológicos	42
Tabela 12 – Qualidade exigida pelas diretrizes estaduais americanas	45
Tabela 13 – Qualidade exigida pela diretriz australiana de água potável	46
Tabela 14 – Qualidade exigida pelo projeto de norma para usos não potáveis.....	48
Tabela 15 – Comparação de diretrizes nacionais para parâmetros físico-químicos.....	51
Tabela 16 – Comparação de diretrizes nacionais para parâmetros biológicos	52
Tabela 17 – Comparação de diretrizes internacionais para parâmetros físico-químicos	55
Tabela 18 – Comparação diretrizes internacionais para parâmetros biológicos	56
Tabela 19 – Qualidade definida pela sugestão do estudo.....	59
Tabela 20 – Parâmetros atendidos pela qualidade de água para diferentes autores	60

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Categorias definidas pela NBR 13969/1997	32
Quadro 2 – Categorias definidas pela Resolução 357/2005 do CONAMA	35
Quadro 3 – Categorias definidas pelo Manual da ANA 2005	37
Quadro 4 – Categorias definidas pelo projeto de norma	48
Quadro 5 – Comparação das águas e usos para diretrizes nacionais	50
Quadro 6 – Comparação de exigências para diretrizes internacionais	54
Quadro 7 – Categorias definidas pela sugestão do estudo	59

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

ANA – Agência Nacional de Águas

CEN – *European Committee for Standardization*

CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente

DBO – Demanda bioquímica de oxigênio

DCA – *Georgia Department of Community Affairs*

E. coli – *Escherichia coli*

EPA – *United States Environmental Protection Agency*

MS – Ministério da Saúde

N/A – Não aplicável

NMP – Número mais provável

NTU – *Nephelometric Turbidity Unit*

OD – Oxigênio dissolvido

UH – Unidade de Hazen

SUMÁRIO

Lista de Figuras	7
Lista de Tabelas	8
Lista de Quadros	9
Lista de Abreviaturas e Siglas	10
1. Introdução	13
1.1. Considerações Iniciais	13
1.2. Objetivos	14
1.2.1. Objetivo geral.....	14
1.2.2. Objetivos específicos	14
1.3. Estrutura do trabalho	14
2. Revisão Bibliográfica	16
2.1. Aproveitamento de Água Pluvial.....	16
2.2. Estudos de Caso	17
2.2.1. Viabilidade de uso.....	17
2.2.2. Potencial de economia	21
2.3. Qualidade de Água.....	23
2.3.1. Parâmetros físico-químicos.....	24
2.3.2. Parâmetros biológicos	25
2.4. Síntese da Revisão Bibliográfica	26
3. Método	29
4. Resultados.....	32
4.1. Diretrizes Brasileiras.....	32
4.1.1. NBR 13969/1997	32
4.1.2. Resolução 274/2000 do CONAMA	33
4.1.3. Resolução 357/2005 do CONAMA	34
4.1.4. Manual da ANA 2005	36
4.1.5. NBR 15527/2007	37

4.1.6. Portaria 2914/2011 do MS	39
4.2. Diretrizes Internacionais	40
4.2.1. Alemanha	40
4.2.2. Estados Unidos.....	43
4.2.3. Austrália	45
4.3. Síntese dos Resultados	48
4.3.1. Comparação de documentos nacionais	48
4.3.2. Comparação de diretrizes internacionais	53
5. Conclusão.....	57
5.1. Conclusões Gerais.....	57
5.2. Limitações do Trabalho	61
5.3. Sugestões para Trabalhos Futuros	61
Referências	62

1. Introdução

1.1. Considerações Iniciais

O aumento gradativo da demanda de água e a poluição dos mananciais vêm reduzindo a disponibilidade de água doce rapidamente, o que gera restrições de consumo e impacta na qualidade de vida e na economia da população em regiões com insuficiência de recursos hídricos. Assim, torna-se necessário conceber métodos e sistemas alternativos de gestão para garantir a sustentabilidade do desenvolvimento social e econômico e equilibrar oferta e demanda de água. Para satisfazer usos menos restritivos, a opção mais adequada é a substituição de água potável por fontes alternativas, como o aproveitamento de água pluvial e o reuso de água cinza (ANA, 2005).

Na cidade de Florianópolis, até 45% da água consumida em residências é utilizada para fins não potáveis (MARINOSKI et al., 2014), enquanto para o setor comercial este valor varia entre 56% e 86% (PROENÇA; GHISI, 2010) e para o setor público é em média de 77% (KAMMERS; GHISI, 2006). Esta demanda poderia ser suprida por água não potável, como a água pluvial, que pode ser utilizada em bacias sanitárias, para lavagem de roupas e automóveis, na limpeza de pisos e na rega de jardins (GHISI, 2006).

A utilização de água pluvial é uma alternativa que vem sendo explorada desde a antiguidade e seu aproveitamento, nos moldes atuais, vem se intensificando nas últimas décadas. Esta tecnologia permite economia de água potável e contribui para diminuição de enchentes em regiões com alta taxa de impermeabilização do solo, visto que parte da água que deveria ser drenada é coletada e armazenada (TOMAZ, 2010). Outro fator positivo é que a água pluvial em estado bruto possui poucos poluentes, tornando-a uma fonte confiável quando sua coleta e tratamento são realizados de forma correta (GOLDENFUM, 2006). Além disso, quando comparada com água cinza, outra fonte alternativa, a água pluvial possui menos poluentes e, portanto, necessita de menos tratamento para obter a mesma qualidade de água, apesar de sua disponibilidade depender diretamente de fatores climáticos (KIM et al., 2007).

No Brasil, o aproveitamento de água pluvial é definido pela NBR 15527, que teve sua versão mais recente elaborada no ano de 2007 e prevê somente usos não potáveis. Contudo, outras normativas que tratam sobre uso de água possuem exigências de qualidade distintas, apesar de indicarem finalidades de uso semelhantes ou ainda mais restritivas que para água pluvial. Assim, torna-se necessária a realização de estudos para a definição de parâmetros criteriosos sobre qualidade de água pluvial, a fim de incentivar seu aproveitamento e contribuir para o consumo consciente dos recursos hídricos.

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo geral

O objetivo geral deste trabalho é comparar o padrão de qualidade de água exigido pela NBR 15527/2007 com diretrizes nacionais relacionadas ao uso de águas e internacionais sobre aproveitamento de água pluvial, a fim de verificar a adequabilidade de seus parâmetros.

1.2.2. Objetivos específicos

Os objetivos específicos deste trabalho são:

- Comparar a NBR 15527/2007 com os padrões exigidos em diretrizes nacionais sobre água cinza, balneabilidade e potabilidade e indicar quais destas são mais restritivas ou permissivas;
- Comparar a NBR 15527/2007 com os padrões exigidos em diretrizes americanas, europeias e australianas sobre aproveitamento de água pluvial para diversos fins e indicar quais destas são mais restritivas ou permissivas;
- Encontrar semelhanças e diferenças na forma como sistemas de aproveitamento de água pluvial são utilizados ao redor do mundo, de acordo com as diretrizes analisadas;
- Analisar a exigência da NBR 15527/2007 e propor adequações baseadas nas exigências de outros documentos e países para que sistemas de aproveitamento de água pluvial se tornem mais acessíveis;
- Verificar se a qualidade de água pluvial encontrada na literatura atende aos parâmetros do padrão de água sugerido pelo estudo.

1.3. Estrutura do trabalho

Este trabalho é dividido em cinco capítulos. No primeiro são apresentadas considerações gerais sobre a importância e os benefícios dos sistemas de aproveitamento de água pluvial, os objetivos do trabalho e sua estrutura. O segundo capítulo é composto por revisão bibliográfica, que busca informar o leitor a respeito do cenário atual de utilização de sistemas de aproveitamento de água pluvial no Brasil, com enfoque para sua utilização para fins residenciais, além de apresentar os principais parâmetros relacionados com a qualidade da água pluvial.

O terceiro capítulo apresenta o método de realização do trabalho e as considerações tomadas, além de discorrer sobre as motivações das análises. O quarto expõe os resultados obtidos, divididos entre as informações obtidas com legislações, normas e outras diretrizes nacionais e as adquiridas por meio de documentos internacionais; neste capítulo também são comparados os dados encontrados. Por fim, o quinto capítulo apresenta as conclusões obtidas com a realização do trabalho, com considerações finais, limitações encontradas e sugestões para trabalhos futuros. Ao final também são listadas todas as referências utilizadas, em ordem alfabética.

2. Revisão Bibliográfica

2.1. Aproveitamento de Água Pluvial

A água pluvial é uma fonte alternativa de água e vem sendo utilizada como uma prática de conservação de recursos hídricos em diversos locais do mundo e seu aproveitamento ocorre desde a antiguidade (GONÇALVES et al., 2006). Nos dias atuais, cerca de 71% população mundial possui acesso a um serviço de abastecimento de água potável seguro, livre de contaminações e disponível sempre que necessário (ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DE SAÚDE, 2017). Isso evidencia que, com o avanço da tecnologia, sistemas públicos de abastecimento tornaram-se a principal fonte de água da maioria da população, que não sente necessidade de utilizar outras fontes. Contudo, o aproveitamento de água pluvial vem ganhando espaço, devido tanto à escassez de algumas regiões, como o semiárido brasileiro, onde o acesso à água é dificultado, quanto à conscientização da população, que busca reduzir os custos da conta de água e contribuir para o meio ambiente (CARDOSO, 2009).

No Brasil, grandes cidades como São Paulo, Rio de Janeiro, Curitiba e Porto Alegre criaram legislações para a coleta e utilização de água pluvial, visando seu aproveitamento para fins não potáveis e também como medida para reduzir picos de enchentes e alagamentos (GONÇALVES et al., 2006). Na cidade de Florianópolis, a Lei Complementar nº 561/2016 incluiu no seu código de obras a obrigatoriedade de construções residenciais, comerciais ou de uso misto acima de duzentos metros quadrados possuírem sistema de captação, armazenamento e utilização de águas pluviais (CÂMARA MUNICIPAL DE FLORIANÓPOLIS, 2016).

A utilização de sistemas de aproveitamento de água pluvial é interessante em regiões de elevada e constante precipitação ao longo do ano, situações de escassez de abastecimento público e áreas onde a extração de água subterrânea gera alto custo. Essa tecnologia pode ser usada tanto em ambientes domésticos, para descarga de bacias sanitárias, limpeza e rega de plantas; quanto em ambientes industriais e comerciais para resfriamento de maquinário, lavagem industrial de roupas e para climatização (GOLDENFUM, 2006).

Além da economia de água potável, o aproveitamento de água pluvial possui diversos benefícios. Sua utilização contribui para a conservação de energia, visto que não necessita de uma estação de tratamento de água nem de grandes redes de distribuição (GONÇALVES, 2006) e para a redução de enchentes e alagamentos. Também é importante salientar que, como a coleta e utilização ocorrem no mesmo local, forma-se um sistema descentralizado que pode funcionar como fonte alternativa de água em casos de interrupção do abastecimento público (BONA, 2014).

Para entender melhor como o aproveitamento de água pluvial pode ser utilizado em meio urbano, serão apresentados estudos sobre sistemas implementados ao redor do mundo que tenham como foco a qualidade da água coletada e seu potencial de uso. A escolha dos artigos analisados busca contemplar o atual cenário brasileiro e dos outros países cujas normas serão estudadas neste trabalho.

2.2. Estudos de Caso

2.2.1. Viabilidade de uso

Pinheiro e Araújo (2017) realizaram um estudo para verificar a possibilidade de coleta e aproveitamento de água pluvial em Natal, Rio grande do Norte. Para a coleta e análise de parâmetros físico-químicos e biológicos, foi instalado no Campus Natal Central do Instituto Federal do Rio Grande do Norte um sistema composto por telhado de telhas de amianto, calhas coletoras e reservatórios.

As amostras foram analisadas e seus resultados foram comparados com a Portaria nº 2914/2011 do MS (Ministério da Saúde), que trata sobre padrão de potabilidade, para verificar a viabilidade de utilização da água pluvial coletada. Os valores de cor observados foram maiores no primeiro milímetro de chuva e o pH das amostras se manteve dentro da normalidade; todas as amostras obtiveram resultados positivos para coliformes totais e *E. coli*. Os parâmetros físico-químicos obtiveram resultados de qualidade satisfatórios a partir do segundo milímetro de chuva, porém a presença de coliformes indica contaminação e não é permitida pela legislação nacional. Assim, a água pluvial coletada pelo sistema, após descarte dos milímetros iniciais, possui grande potencial de ser utilizada para fins não potáveis, como a lavagem de calçadas e irrigação dos jardins da instituição. Também pode ser considerada a implementação de tratamentos simplificados como a cloração, para que este recurso seja utilizado para outras finalidades.

May (2009) analisou sistemas de coleta e tratamento de água pluvial de dois edifícios localizados na Escola Politécnica da Universidade de São Paulo a fim de caracterizar a qualidade da água para consumo não potável. O primeiro sistema experimental estudado era composto por telhado para captação, sistema de peneiras para retirada de folhas e galhos, reservatório de acumulação e posterior tratamento com filtro de areia de alta taxa e desinfecção com hipoclorito de sódio. O segundo sistema era formado por telhado de coleta de zinco, reservatório para descarte dos 3,5 milímetros iniciais de chuva e reservatório de acumulação.

No primeiro caso foram retiradas amostras antes e após o tratamento e no segundo, do reservatório de acumulação.

Os resultados obtidos com os ensaios foram comparados com as exigências da NBR 15527/2007. No primeiro sistema, os valores de cor aparente e turbidez obtidos antes do tratamento encontravam-se acima dos padrões de qualidade da norma; depois do tratamento, enquadraram-se nos requisitos mínimos. O pH, tanto antes quanto após tratamento, apresentou-se levemente ácido e dentro do limite permitido. As concentrações de coliformes totais e de coliformes termotolerantes obtidas antes do tratamento ultrapassaram os limites permitidos, porém, após o tratamento, os valores encontrados eram nulos, satisfazendo o exigido em norma. Portanto, neste sistema, a água pluvial depois do tratamento obteve padrão de qualidade excelente e de acordo com os requisitos da norma, podendo ser utilizada para descarga de bacias sanitárias, lavagem de pisos e de veículos e rega de jardins. Para o segundo sistema todos os parâmetros atenderam às exigências da norma, fato incomum de ser observado. A ausência de coliformes pode ter ocorrido devido ao material que compõe o telhado do edifício que, por ser de zinco, atinge altas temperaturas na presença de sol e pode ocasionar a destruição das bactérias presentes em sua superfície.

Teixeira et al. (2017) conduziram um estudo comparativo em sistemas de aproveitamento de água pluvial de duas residências na cidade de Curitiba, Paraná. Foram feitas análises qualitativas da água da chuva coletada diretamente da atmosfera (*in natura*) e dos reservatórios. O sistema de uma das residências é composto por telhado com telhas de concreto e a água coletada passa por um filtro de sólidos antes de ser armazenada nos reservatórios, enquanto na outra residência a captação é realizada em telhado verde e um de seus reservatórios possui filtros de membrana. A água pluvial coletada em ambas as residências é utilizada para irrigação de jardins, limpeza de calçadas e descarga em bacias sanitárias.

Os resultados obtidos foram então comparados com os valores de referência da NBR 15527/2007. Em 34% das amostras foram obtidos valores de turbidez inferior ao indicado para usos mais restritivos e em 65% das coletas foram verificados valores inferiores ao máximo permitido. Quanto ao pH, todos os valores obtidos nas amostras do telhado verde atenderam aos requisitos da norma; somente uma das amostras para o telhado de concreto não atendeu à norma, enquanto 62,5% das amostras para a chuva *in natura* obtiveram valores inferiores ao limite. Todas as amostras coletadas estavam contaminadas por coliformes totais e coliformes termotolerantes, portanto não foi possível atender à norma em relação a este parâmetro. Apesar de os sistemas analisados não atenderem a todos os requisitos da norma brasileira, os moradores não indicaram nenhum inconveniente em sua utilização.

Hagemann (2009) avaliou a qualidade da água pluvial em Santa Maria, Rio Grande do Sul, em dois pontos da cidade. O primeiro local se encontra às margens de uma rodovia movimentada e o segundo se localiza dentro do campus da Universidade Federal de Santa Maria, em uma área com predominância de vegetação. Foram coletadas amostras *in natura* e dos telhados das edificações, compostos por telhas de cimento amianto, de forma a armazenar os cinco primeiros milímetros de chuva individualmente. Os resultados obtidos foram comparados com a Portaria 518/2004 do MS, a Resolução 357/2005 do CONAMA (Conselho Nacional do Meio Ambiente), o Manual de 2005 da ANA (Agência Nacional de Águas) e a NBR 15527/2007, a qual trata sobre tanques sépticos e reuso de água cinza, para identificar os usos mais apropriados segundo a qualidade da água pluvial.

Nas amostras *in natura*, os valores de pH se encontraram abaixo do mínimo estabelecido para todas as legislações. As concentrações de dureza, sulfatos, cloretos, ferro e manganês obtiveram valores inferiores ao máximo estabelecido pela Portaria 518/2004 do MS e da Resolução 357/2005 do CONAMA. A concentração de fosfato se apresentou superior aos limites da Resolução 357/2005 do CONAMA e do Manual da ANA. Os resultados de turbidez se encontraram levemente superiores para a maioria das exigências, satisfazendo somente a Resolução 357/2005 do CONAMA, e a DBO (Demanda bioquímica de oxigênio) média ultrapassou os limites desta resolução e do Manual da ANA em diversos casos; os valores médios de *E. coli* ultrapassaram os limites da maioria das legislações.

Nas amostras coletadas dos telhados, os valores de pH se mantiveram dentro dos limites para todas as legislações. Para dureza, sulfatos, cloretos, ferro, manganês e fosfato os resultados foram semelhantes aos obtidos para as amostras *in natura*. Os valores de nitrato se mantiveram abaixo dos limites para todas as amostras e para amônia isto somente ocorreu a partir da terceira amostra. A maioria dos resultados para cor se enquadraram nas exigências da Portaria 518/2004 do MS, Resolução 357/2005 do CONAMA e NBR 15527/2007, enquanto para turbidez somente a Resolução 357/2005 do CONAMA foi satisfeita. Somente algumas amostras ultrapassaram os limites de DBO para o Manual da ANA, entretanto muitas ultrapassaram o estabelecido pela Resolução 357/2005 do CONAMA. Para *E. coli*, os valores médios dos eventos de chuva superaram os limites de quase todas as legislações em estudo, se enquadrando somente nos limites menos restritivos das Resoluções 357/2005 e 274/2000 do CONAMA e da NBR 13969/1997. Em todas as amostras, os resultados de sólidos suspensos ultrapassaram os limites do Manual da ANA, enquanto para sólidos dissolvidos, se enquadraram no exigido pelo Manual da ANA e pela Resolução 357/2005 do CONAMA.

A partir destes resultados, Hagemann (2009) concluiu que a qualidade da água bruta após o descarte dos 2 milímetros iniciais é adequada para fins não potáveis, entre eles recreação de contato primário e irrigação de hortaliças, plantas frutíferas e vegetação em geral. Após tratamento, a qualidade atinge padrões para outras utilizações, como o uso em bacias sanitárias.

Jaques (2005) analisou a qualidade da água pluvial no município de Florianópolis, Santa Catarina, em quatro pontos distintos: *in natura*, após passar por telhado de cimento amianto, após passar por telhado cerâmico e em uma cisterna. Os telhados utilizados eram de duas residências unifamiliares com cerca de dezesseis anos de utilização e as amostras eram coletadas em zero, 10, 30 e 60 minutos após o início da chuva; a cisterna pertencia a um sistema de aproveitamento já existente, composto por telhado de zinco e filtro para remoção de materiais grosseiros.

A qualidade das amostras foi comparada com os parâmetros de potabilidade, definidos pela Portaria 518/2004 do MS. Para a água *in natura*, mais de 70% das amostras apresentaram pH baixo, indicando chuva ácida, enquanto para coliformes fecais os resultados indicaram valores nulos. Nas amostras dos dois telhados, o pH se apresentou mais próximo da neutralidade e foi verificada a presença tanto de coliformes totais quanto de coliformes termotolerantes. Houve bastante variação nos valores de cor e de turbidez encontrados e estes eram maiores nos primeiros minutos de chuva, o que indica que o descarte das primeiras águas é necessário. Na cisterna, todos os valores de pH se apresentaram ácidos. Considerando cloretos, nitrogênio, alumínio e dureza, todas as amostras se encontraram dentro dos padrões estabelecidos pela Portaria 518/2004 do MS, enquanto para ferro somente metade dos resultados atenderam ao exigido.

De uma forma geral e com exceção dos parâmetros bacteriológicos, as exigências da Portaria 518/2004 do MS para potabilidade são atendidas, com os valores médios de turbidez e cor um pouco acima dos limites. Dessa forma, a água pluvial é adequada para fins não potáveis e pode ser utilizada em bacias sanitárias, para irrigação de jardins, limpeza de calçadas e em sistemas de ar-condicionado ou de combate a incêndios. É aconselhável também a utilização de dispositivos removedores de folhas e sólidos, para evitar problemas no sistema, e a colocação de placas indicativas de água não potável em situações que possa acontecer contato acidental com o usuário. Para consumo humano, a água pluvial deve passar por tratamentos para remover cor, turbidez e coliformes fecais.

Cardoso (2009) estudou sistemas de coleta de água pluvial em duas regiões da cidade de Belo Horizonte, Minas Gerais: no centro da cidade, local com grande exposição à poluição de automóveis, e na região dos bairros, com menor volume de tráfego. Em ambos os locais a

chuva foi coletada em dois telhados distintos, um de telhas cerâmicas e outro de telhas metálicas. Em cada sistema foi instalado um dispositivo de coleta composto por três tubos, de forma que os três primeiros milímetros de chuva fossem armazenados separadamente, visto que o objetivo do estudo era verificar qual o volume necessário a ser descartado para que a qualidade da água torne-se apropriada para uso.

As medianas de cada parâmetro das amostras foram então comparadas com os valores para potabilidade da Portaria 518/2004 do MS e com os definidos pela NBR 15527/2007. Para o pH, todas as amostras dos três tubos atenderam à Portaria 518/2004 do MS. No caso da turbidez e cor aparente, foram analisadas as amostras somente do terceiro tubo, correspondente ao terceiro milímetro de chuva; para o primeiro parâmetro, os valores atenderam tanto à Portaria 518/2004 do MS quanto à NBR 15527/2007, enquanto para o segundo parâmetro nenhuma destas diretrizes foi atendida. Para coliformes fecais e *E. coli*, foram analisadas as amostras do segundo tubo, correspondente ao segundo milímetro de chuva. A qualidade da água coletada nos telhados metálicos de ambos os pontos de coleta satisfaz os critérios exigidos pela Portaria 518 do MS e pela NBR 15527/2007, sendo classificada como excelente pela Resolução 274/2000 do CONAMA, que define padrões de balneabilidade. Já para os telhados cerâmicos, os valores não atenderam às diretrizes em nenhuma das regiões de estudo. A diferença significativa dos resultados entre os dois tipos de telhado pode ser devido à incidência solar, que provoca aquecimento nas superfícies metálicas e pode contribuir para desinfecção natural das águas coletadas. Também foram analisadas as concentrações de sulfato, chumbo e manganês nas amostras do primeiro tubo, correspondente ao primeiro milímetro de chuva. Os valores para os dois primeiros parâmetros satisfizeram a Portaria 518/2004 do MS para os dois tipos de telhados nos dois pontos de coleta, enquanto para manganês somente as amostras do telhado cerâmico localizado no centro não satisfizeram. Para a concentração de ferro, analisada no terceiro tubo, somente o telhado cerâmico instalado na região dos bairros resultou em qualidade aceita pela portaria citada.

2.2.2. Potencial de economia

Souza e Ghisi (2012) estimaram o potencial de substituição de água potável por água pluvial no setor residencial por meio do programa *Netuno* para diversas cidades ao redor do mundo, selecionadas de acordo com sua localização geográfica e índices de precipitação. As análises foram afeitas a partir de simulações, considerando diferentes demandas de água potável baseadas em outros estudos, áreas de coleta e demandas de água pluvial; e coeficiente de

escoamento superficial e volume de reservatório superior fixos. Com isso, observou-se que, em cidades com frequência maior de chuva, o potencial de economia de água potável não aumenta significativamente com o aumento do volume de reservatório. Em cidades com alta precipitação anual, porém com longos períodos de pouca chuva, ocorre o oposto, sendo necessários reservatórios de maior capacidade. Também foi constatado que neste último caso o potencial de economia não atinge valores tão elevados.

Meincheim (2015) avaliou o potencial de economia de água potável por meio da substituição por água pluvial em uma residência unifamiliar na cidade de São José, Santa Catarina, município que faz parte da zona metropolitana da Grande Florianópolis. Foram realizadas simulações com o programa *Netuno* para dois cenários: no primeiro a água pluvial era utilizada para abastecer as torneiras externas e do tanque e a máquina de lavar roupas; e no segundo, além dos aparelhos anteriores, também foi considerada a contribuição das bacias sanitárias. Para as capacidades ideais de reservatório definidos pelo autor, no primeiro caso foi obtido uma percentual de redução do consumo de água potável de 21,76%, enquanto para o segundo o potencial foi de 38,64%.

Na cidade de Florianópolis, Santa Catarina, Marinoski, Ghisi e Gómez (2004) estimaram o potencial de aproveitamento de água pluvial de um conjunto residencial, com 84 apartamentos e 212 moradores. Considerou-se que cerca de 44% do consumo total de água potável poderia ser substituído por água pluvial, visto que esta parcela corresponde a usos não potáveis, entre eles descargas de bacias sanitárias, tanque e máquina de lavar roupa. Com os dados coletados e por meio da utilização de planilhas eletrônicas e equações encontradas na literatura, foi possível calcular o volume dos reservatórios e assim estimar alguns cenários. Dessa forma, encontrou-se que até 42,4% do consumo anual de água potável do conjunto poderia ser substituído por água pluvial.

Santana, Boeger e Monteiro (2013) estudaram diversas edificações residenciais multifamiliares na cidade de Brasília, Distrito Federal, estimando o potencial de economia de água potável através da implementação de um sistema de aproveitamento de água pluvial. As análises foram realizadas separadamente de acordo com cada finalidade de uso. Para o cenário de utilização da água pluvial para uso em áreas comuns, ou seja, para irrigação e lavagem de pisos, a demanda foi totalmente atendida, resultando em um potencial de economia para o edifício de 0,7%. Considerando somente o abastecimento das bacias sanitárias de todos os apartamentos, somente 60% da demanda pode ser atendida por água pluvial, gerando uma redução no consumo de água potável de 9,5%. O melhor dos cenários encontrados foi para a

utilização da água pluvial na lavagem de roupas, que foi capaz de suprir 48% da demanda e resultou em um potencial de economia de 10,6%.

Cardoso (2010) analisou o potencial de substituição de água potável por água pluvial para fins não potáveis em um condomínio de habitações de interesse social, do Programa “Minha Casa Minha Vida” do Governo Federal, na cidade de Feira de Santana, Bahia. Todas as casas do complexo possuem dimensões parecidas e o sistema estudado utiliza a água pluvial nas descargas das bacias sanitárias, para irrigação de jardim, lavagem de carro e limpeza em geral. O volume de água passível de ser coletado, considerando o telhado como área de captação, foi calculado através do método racional e resultou em um reservatório de 4000 litros. Visto que a disponibilidade de água coletada supre integralmente a demanda dos usos não potáveis estimados, o sistema atingiu aproximadamente 22% de potencial de economia.

Campos e Amorim (2004) realizaram um estudo de viabilidade de um sistema de aproveitamento de água pluvial em um edifício habitacional multifamiliar, na cidade de São Carlos, São Paulo. O sistema foi desenvolvido para abastecer a demanda de água não potável nas áreas comuns do empreendimento, que inclui a descarga das bacias sanitárias dos banheiros do salão de festas e da área da piscina e as torneiras do jardim. Os primeiros milímetros de chuva são descartados e ocorre a filtragem da água captada por uma tela metálica e uma manta geotêxtil. A cisterna de concreto armado foi dimensionada por meio do método de Rippl, com volume de 13,5 m³: destes, 9 m³ são para armazenamento de água pluvial para ser utilizada no sistema e 4,5 m³ tem finalidade de combate a enchentes ou como um volume extra de armazenamento em períodos de estiagem. Também há um reservatório superior de 1 m³, totalizando 10 m³ de armazenamento do sistema; este volume se mostrou eficaz para suprir a demanda dos aparelhos em 95% dos dias.

2.3. Qualidade de Água

Geralmente a água encontrada na natureza possui gases, sais e sólidos dissolvidos em sua composição; estes componentes são considerados poluição quando tornam a água imprópria para consumo (MAY, 2004). Na maioria dos casos, a água pluvial não deve ser consumida para fins potáveis sem tratamento prévio (KWAADSTENIET et al., 2013). Na cidade de Florianópolis, a água pluvial *in natura* apresenta pH levemente ácido e suas principais fontes de contaminação físico-química são originadas do mar, do solo e das atividades urbanas (HOINASKI et al., 2013).

Nos sistemas de aproveitamento de água pluvial, a contaminação da água pode ocorrer de três principais maneiras: ao atravessar a atmosfera, nas áreas de captação ou nos tanques de armazenamento. Observa-se que em áreas com alta atividade agroindustrial e com ar poluído, a água coletada pode conter elevada concentração de químicos. Além disso, patógenos originados de fezes de pequenos animais podem ser encontrados nas áreas de captação, que contaminam a água coletada. O material que compõe os telhados, calhas, tubulações e tanques de armazenamento e a manutenção destes componentes também podem influenciar nas características da água coletada (KWAADSTENIET et al., 2013). Os diversos fatores relacionados com o local da coleta que influenciam na composição água pluvial são a localização geográfica, a intensidade e tipo de chuva, o regime de ventos, a estação do ano e a presença ou não de vegetação ou fontes de poluição (TOMAZ, 2010). Também é importante ressaltar que períodos de estiagem podem interferir nas concentrações dos poluentes atmosféricos, que são incorporados na água durante eventos de precipitação (TEIXEIRA et al., 2017).

A seguir serão expostos e explicados os principais poluentes encontrados na água coletada nestes sistemas e as considerações das legislações brasileiras a respeito dos componentes nocivos à saúde humana.

2.3.1. Parâmetros físico-químicos

Segundo Tomaz (2010), em regiões continentais a poluição da água pluvial é originada do solo, contendo elementos como sílica, alumínio e ferro, além de componentes de origem biológica, como nitrogênio, fósforo e enxofre. Elementos como sódio, potássio, magnésio, cloro e cálcio podem ser encontrados na chuva de zonas costeiras e em concentrações proporcionais às encontradas no mar. Nas regiões com alta atividade urbana e industrial, os poluentes atmosféricos comumente encontrados na água pluvial são o dióxido de enxofre, óxidos de nitrogênio, chumbo e zinco. Nestes locais, a reação destes gases e do dióxido de carbono com a chuva forma componentes ácidos, que acarretam na diminuição do pH da água coletada.

Cardoso (2009) indica a importância do controle de alguns parâmetros físico-químicos, que em determinados níveis podem conferir à água características indesejadas tanto para consumo humano quanto para fins não potáveis:

- pH: indica a possibilidade de corrosão de superfícies;
- Turbidez e cor: pode ocasionar estética desagradável e dificultar a ação de desinfetantes;

- Dureza: além de impedir a formação de espuma, inconveniente no caso de utilização da água para limpeza e lavagem de roupas, pode ocasionar sabor desagradável e efeitos laxativos;
- Ferro: pode ocasionar coloração amarelada e gosto amargo;
- Manganês: pode ocasionar coloração amarronzada;
- Chumbo: pode ser acumulado pelo organismo e causar efeitos tóxicos.

A Portaria 2914/2011 do MS, que define valores limites de parâmetros para potabilidade, classifica 64 substâncias químicas que representam risco à saúde, incluindo substâncias inorgânicas, orgânicas, agrotóxicos e desinfetantes. Em contrapartida, visto que seu objetivo é atingir qualidade de água para fins não potáveis, a NBR 15527/2007 analisa como parâmetros físico-químicos somente a turbidez, cor aparente e o pH, sendo este último proposto para a proteção das redes de distribuição.

2.3.2. Parâmetros biológicos

Tomaz (2010) indica que problemas de contaminação por bactérias e parasitas gastrointestinais, em casos nos quais a água coletada é utilizada para fins potáveis, pode ocorrer devido a fezes de aves, encontradas nas áreas de captação e que são carregadas durante a coleta de água pluvial. Estes micro-organismos se desenvolvem nos reservatórios e trazem riscos aos usuários, caso utilizem para fins potáveis. Algas também podem ser encontradas nos reservatórios, portanto é recomendado impedir a incidência solar nestes locais para evitar sua proliferação.

O controle dos parâmetros biológicos para os requisitos de potabilidade, segundo a Portaria 2914/2011 do MS, é feito através do monitoramento da quantidade de *Escherichia coli*, de cistos de *Giardia spp.* e oocistos de *Cryptosporidium spp.* Também devem ser monitoradas as concentrações de microcistinas e saxitoxinas, que são toxinas produzidas por cianobactérias que podem ser prejudiciais à saúde humana. Para os usos não potáveis indicados pela NBR 15527/2007, devem ser avaliadas somente as concentrações de coliformes totais e coliformes termotolerantes.

2.4. Síntese da Revisão Bibliográfica

A Tabela 1 resume os resultados dos estudos dos autores citados anteriormente, indicando quais das diretrizes por eles analisadas são totalmente satisfeitas, considerando os valores encontrados para cada parâmetro estudado. É possível verificar que em somente dois casos a norma de aproveitamento de água pluvial é satisfeita, enquanto as outras diretrizes não são completamente satisfeitas em nenhum caso.

A Tabela 2 resume os resultados do potencial de redução do consumo de água potável para cada autor estudado. Pode-se notar que o potencial de economia está bastante relacionado com a finalidade da edificação e com a relação entre tamanho da área de coleta e seu número de habitantes.

A Tabela 3 apresenta uma compilação dos valores encontrados para os parâmetros de qualidade exigidos pela NBR 15527/2007 para os diversos sistemas de aproveitamento de água pluvial estudados, segundo seus autores. Os números encontrados mostram que a água pluvial em meio urbano possui, na maioria dos casos, pH levemente ácido e turbidez inferior a 10 NTU. Em relação aos parâmetros biológicos, os resultados indicam baixa contaminação, apesar de terem sido encontrados valores bastante variados e casos com alta poluição, que devem ser investigados a fim de solucionar os motivos que ocasionaram isto.

Tabela 1 – Normas atendidas pela qualidade de água pluvial para diferentes autores.

Autor		Portaria 518/2004 MS	Resolução 357/2005 CONAMA	Manual ANA 2005	ABNT 15527/2007	Portaria 2914/2011 MS
Jaques (2005)	telhado de amianto	não	-	-	-	-
	telhado cerâmico	não	-	-	-	-
	cisterna	não	-	-	-	-
Cardoso (2009)	centro, telhas cerâmicas	não	-	-	não	-
	centro, telhas metálicas	não	-	-	não	-
	bairro, telhas cerâmicas	não	-	-	não	-
	bairro, telhas metálicas	não	-	-	não	-
Hagemann (2009)	água <i>in natura</i>	não	não	não	não	-
	às margens de rodovia	não	não	não	não	-
	campus UFSM	não	não	não	não	-
May (2009)	sem tratamento	-	-	-	não	-
	sistema experimental	-	-	-	sim	-
	telhado de zinco	-	-	-	sim	-
Pinheiro e Araújo (2017)	telhado de amianto	-	-	-	-	não
Teixeira et al. (2017)	água <i>in natura</i>	-	-	-	não	-
	telhado de concreto	-	-	-	não	-
	telhado verde	-	-	-	não	-

Fonte: elaborado pela autora

Tabela 2 – Potencial de economia obtido para diferentes autores

Autor		Cidade	Edificação	Potencial de Economia de Água Potável (%)
Meinheim (2015)	cenário 1	São José - SC	residencial unifamiliar	22
	cenário 2			39
Marinoski, Ghisi e Gómez (2004)		Florianópolis - SC	residencial multifamiliar	42
Santana, Boeger e Monteiro (2013)	cenário 1	Brasília - DF	residencial multifamiliar	1
	cenário 2			10
	cenário 3			11
Cardoso (2010)		Feira de Santana - BA	residencial unifamiliar	22

Fonte: elaborado pela autora

Tabela 3 – Qualidade de água pluvial obtida por diversos autores

Autor			pH	Turbidez (NTU)	Cor aparente (UH)	Coliformes totais (NMP/100ml)	Coliformes termotolerantes (NMP/100ml)
Jaques (2005)	telhado de amianto		7,35	8,68	-	1400	614
	telhado cerâmico		6,49	8,24	-	1790	296
	cisterna		5,13	4,70	-	2490	13
Cardoso (2009)	centro, telhas cerâmicas	1 mm	7,60	-	-	-	-
		2 mm	-	-	-	1119	6*
		3 mm	-	4,40	30,00	-	-
	centro, telhas metálicas	1 mm	7,20	-	-	-	-
		2 mm	-	-	-	6	< 1*
		3 mm	-	3,20	26,00	-	-
	bairros, telhas cerâmicas	1 mm	8,10	-	-	-	-
		2 mm	-	-	-	102	10*
		3 mm	-	3,80	29,00	-	-
	bairros, telhas metálicas	1 mm	7,30	-	-	-	-
		2 mm	-	-	-	1	< 1*
		3 mm	-	1,60	12,00	-	-
Hagemann (2009)	água <i>in natura</i>	1 mm	6,00	13,00	ND	-	2*
		2 mm	5,80	10,00	ND	-	1*
		3 mm	5,80	6,00	ND	-	1*
		4 mm	5,90	5,00	ND	-	1*
		5 mm	5,90	4,00	ND	-	1*
	às margens de rodovia	1 mm	7,10	18,00	100,00	-	35*
		2 mm	7,40	17,00	-	-	9*
		3 mm	-	16,00	-	-	20*
		4 mm	-	8,00	-	-	-
	campus UFSM	1 mm	7,30	35,00	31,00	-	24*
		2 mm	7,30	27,00	11,00	-	10*
		3 mm	7,30	17,00	8,00	-	7*
		4 mm	7,30	12,00	5,00	-	7*
		5 mm	7,10	12,00	5,00	-	5*
May (2009)	sem tratamento		6,80	3,30	21,60	300	220
	sistema experimental		6,50	0,80	8,20	Ausentes	Ausentes
	telhado de zinco		6,10	0,80	3,00	Ausentes	Ausentes
Pinheiro e Araújo (2017)	telhado de amianto	1 mm	7,10	13,80	-	Presente	Presente*
		2 mm	7,10	2,90	-	Presente	Presente*
		3 mm	7,20	3,60	-	Presente	Presente*
		4 mm	7,20	2,90	-	Presente	Presente*
		5 mm	7,10	2,70	-	Presente	Presente*
Teixeira et al. (2017)	água <i>in natura</i>		5,81	7,08	-	44927,00	1 - 18*
	telhado de concreto		6,29	1,56	-	18 - 4900	0 - 18*
	telhado verde		6,91	3,18	-	18 - 7900	0 - 45*

*Valores correspondentes a *E. coli*

Fonte: elaborado pela autora

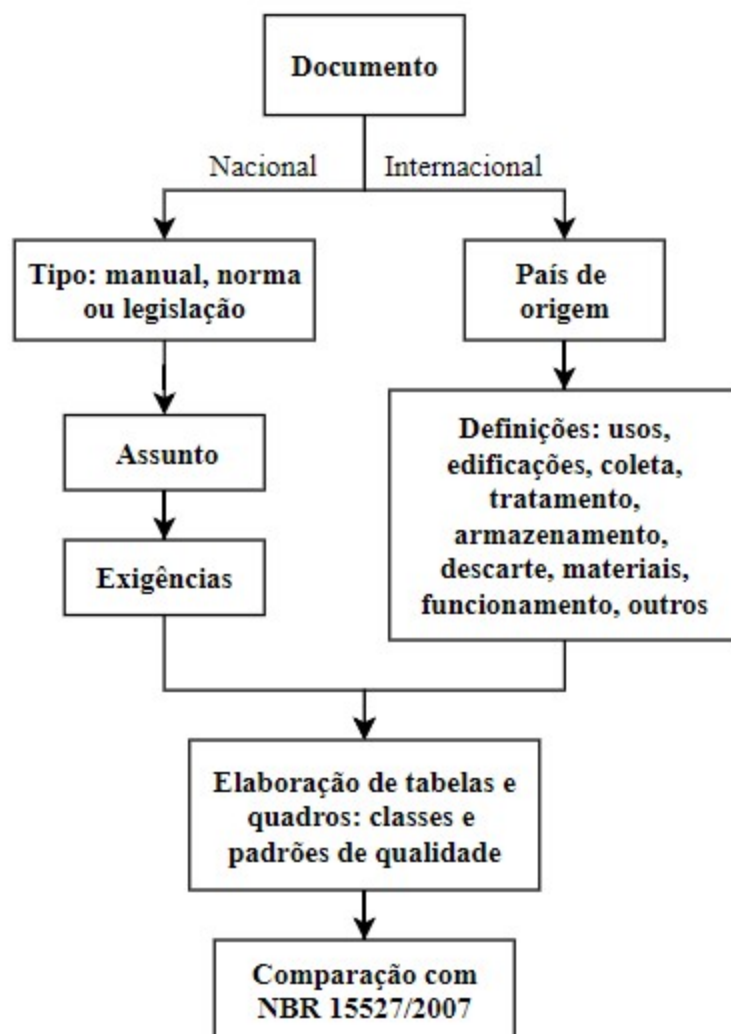
3. Método

O trabalho foi desenvolvido por meio de pesquisa bibliográfica, com a busca de trabalhos de conclusão de curso, dissertações, teses e artigos nacionais e internacionais em bases de pesquisa científica disponíveis. Também foram utilizadas legislações brasileiras e de outros países.

As legislações brasileiras escolhidas para análise são referentes à utilização das águas em geral, quaisquer que sejam suas origens e finalidades. Os documentos estudados definem classificações para corpos d'água, padrões de potabilidade, balneabilidade, reuso e aproveitamento. A escolha dos países analisados se deu devido à disponibilidade de documentos online e elaborados na língua inglesa, devido às limitações de idiomas compreendidos pela autora. Além disso, procurou-se incluir países que historicamente são considerados referência na área de aproveitamento de água pluvial, com práticas largamente difundidas e renomadas pela comunidade científica internacional, sendo estes Alemanha, Austrália e Estados Unidos. Devido às particularidades de cada país, foram analisadas normas e legislações nacionais e estaduais, além de manuais, relatórios técnicos ou outros documentos de instituições com conhecimento consolidado na área, para que as informações apresentadas retratassem um cenário o mais próximo possível da realidade do local estudado.

Foram considerados documentos oficiais aqueles elaborados por órgãos governamentais e publicados em suas próprias plataformas ou que possuem validade técnica ou legislativa comprovada em sua área de abrangência. Conforme ilustrado pela Figura 1, a análise dos documentos iniciou-se pela identificação dos casos e das finalidades de uso, seguida pela exposição dos requisitos em relação ao sistema, desde funcionamento, coleta, tratamento, armazenamento e materiais. Visto que o principal foco do trabalho são os padrões de qualidade demandados, foram elaboradas tabelas com os valores e parâmetros exigidos por cada referência, além de apresentadas as formas de tratamento indicadas. Os parâmetros considerados principais são aqueles que constam nas exigências de qualidade da água da NBR 15527/2007, que foi usada como referência principal do trabalho. Também foram destacados outros parâmetros biológicos, visto que são fundamentais para a prevenção de riscos à saúde humana; em contrapartida, a maioria dos componentes químicos não foi analisada devido à grande gama de substâncias e pouca informação encontrada nos estudos a respeito de suas concentrações na água pluvial. Em situações nas quais não são analisados coliformes termotolerantes, tomou-se como referência os níveis de *Escherichia coli*, visto que é uma bactéria desta classe.

Figura 1 – Fluxograma do método de análise dos documentos



Fonte: elaborado pela autora

O trabalho buscou apresentar os principais cenários de utilização de sistemas de aproveitamento de água pluvial em condições urbanas. Assim, algumas classes de qualidade ou atividades não foram incluídas no desenvolvimento do trabalho, visto que não se enquadravam aos interesses da pesquisa e, portanto, não foram consideradas relevantes. É importante ressaltar que a Portaria nº 518, a qual define questões relativas à qualidade da água para consumo humano (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2004) também não foi considerada nas análises e comparações, visto que em 2011 a legislação sofreu alterações e uma nova portaria foi publicada, que revogou o documento. Assim, apesar de vários estudos citarem a Portaria nº 518, visto que estava em vigor quando foram realizados, as exigências em relação à potabilidade serão apresentadas de acordo com a Portaria nº 2914 de 2011, pois nenhuma mudança que impacte este trabalho foi implementada nesta nova versão.

Posteriormente, os dados encontrados foram comparados entre si em diversos aspectos, por meio de uso de tabelas e quadros. Os padrões de qualidade exigidos foram confrontados com base nas finalidades de uso, independente da origem da água, pois se entende que, em análise simplificada, atividades iguais requerem características de água equivalentes. Contudo, também é importante levar em consideração a confiabilidade dos diferentes sistemas de abastecimento, que é altamente influenciada pela operação, manutenção e controle de qualidade, as quais, dependendo da estratégia adotada, são de responsabilidades de partes distintas. Também foram comparadas as finalidades de uso e exigências gerais indicadas por cada norma, diretriz ou legislação, evidenciando os diferentes cenários e possibilidades de utilização de água pluvial.

Por fim, foram identificados quais países possuem normas mais restritivas ou permissivas e indicadas recomendações e possíveis alterações na legislação brasileira, visando aprimorar a forma como sistemas de aproveitamento de água pluvial são utilizados no Brasil. As categorias foram criadas a partir do agrupamento das finalidades de uso com exigências equivalentes e pertencentes às mesmas classes na maioria das normas. Os valores sugeridos como novos padrões de qualidade de água pluvial foram definidos de acordo com os limites mais permissivos de cada parâmetro encontrados em diretrizes nacionais ou internacionais, mantendo-se os parâmetros originalmente exigidos pela NBR 15527/2007. Apenas para o pH a faixa de valores sugerida foi escolhida com base nos valores mais comuns, ou seja, que aparecerem como limites superiores ou inferiores no maior número de documentos.

4. Resultados

4.1. Diretrizes Brasileiras

4.1.1. NBR 13969/1997

A Associação Brasileira de Normas Técnicas elaborou um conjunto de três normas referentes a sistemas de tratamento de esgoto, sendo uma delas a NBR 13969 do ano de 1997, que inclui em seu escopo diretrizes para o reuso de água cinza (ABNT, 1997). O reuso do esgoto é apresentado como uma alternativa para reduzir os impactos causados pela diminuição da oferta de água potável em áreas urbanas, sendo definida na norma somente a prática para reuso local. Isto compreende os casos de esgoto de origem doméstica, em que a água cinza é reutilizada na própria edificação para fins não potáveis. O sistema implementado deve ser seguro e pode variar desde a simples reutilização da água de enxague da lavagem de roupas com ou sem tratamento nas bacias sanitárias até soluções com tratamentos de alta remoção de poluentes.

A norma prevê que toda água destinada ao reuso deve passar por desinfecção e o grau de tratamento necessário deve ser definido de acordo com a finalidade de uso mais restritiva. As exigências são definidas por classes de qualidade: a classe 1 inclui usos que podem ocasionar contato direto do usuário com a água, como lavagem de carros e chafarizes; a classe 2, usos para limpeza de pisos, irrigação e fins paisagísticos; classe 3 usos em bacias sanitárias; e classe 4 em pomares. O Quadro 1 resume as categorias e seus usos. Quando a irrigação for realizada em plantas alimentícias, esta deve ser realizada por meio de escoamento no solo, tomando-se alguns cuidados, como impedir o contato direto do alimento com a água cinza e interromper a irrigação 10 dias antes da colheita. A Tabela 4 expõe os parâmetros e limites exigidos de acordo com a categoria. Além disso, indica-se que para as classes 1 e 2 seja realizado tratamento aeróbio, seguido por filtração convencional e desinfecção, enquanto para a classe 3, caso a água cinza seja proveniente de máquinas de lavar roupa, somente a cloração é suficiente. Por fim, a norma prescreve os métodos de coleta e análise recomendados no gerenciamento do sistema.

Quadro 1 – Categorias definidas pela NBR 13969/1997

Categoria	Finalidade	Usos
Classe 1	não potável	possível contato direto
Classe 2		limpeza e irrigação
Classe 3		descargas de bacias sanitárias
Classe 4		pomares

Fonte: ABNT, 1997

Tabela 4 – Qualidade exigida pela NBR 13969/1997 para água cinza

Categoria	Coliformes termotolerantes (NMP/100ml)	OD (mg/l)	Sólidos dissolvidos (mg/l)	Turbidez (NTU)	pH
Classe 1	≤ 200	N/A	≤ 200	≤ 5	6,0 - 8,0
Classe 2	≤ 500	N/A	N/A	≤ 5	N/A
Classe 3	≤ 500	N/A	N/A	≤ 10	N/A
Classe 4	≤ 5000	$\geq 2,0$	N/A	N/A	N/A

Fonte: ABNT, 1997

4.1.2. Resolução 274/2000 do CONAMA

O Conselho Nacional do Meio Ambiente é um órgão consultivo e deliberativo brasileiro, composto por representantes dos governos federais, estaduais e municipais, do setor empresarial e da sociedade civil, que tem como função estabelecer normas e critérios a respeito de licenciamento ambiental. Em novembro de 2000, criou a Resolução nº 274, que trata sobre os critérios para balneabilidade das águas (CONAMA, 2000).

O documento visa categorizar os corpos da água destinados à recreação de contato primário, isto é, quando há contato direto do usuário com a água, como em atividades de natação, mergulho e outros esportes aquáticos. Considera-se que a saúde dos usuários pode ser afetada pelas condições de balneabilidade da água, e, portanto, é necessária a definição de parâmetros e indicadores que assegurem seus níveis de qualidade. As águas doces, salobras e salinas que possuem finalidade de lazer são divididas em duas categorias: própria ou imprópria, sendo a primeira categoria subdividida em quatro classes de acordo com os níveis de poluição encontrados. A Tabela 5 expõe os valores máximos permitidos de cada parâmetro para 80% das amostras; para classificar a qualidade da água é obrigatória a análise de pelo menos um dos parâmetros biológicos e, quando mais de um indicador for analisado, deve-se considerar o critério mais restritivo. O corpo da água é considerado impróprio quando não atender aos critérios estabelecidos, possuir resíduos sólidos ou líquidos que possam oferecer risco à saúde ou tornar suas características desagradáveis, apresentar crescimento de algas ou micro-organismos, estar com o valor de pH inferior a seis ou superior a nove, indicar quaisquer outras características que contraindiquem sua utilização, temporária ou permanentemente, ou ainda quando for verificada a ocorrência elevada ou anormal de doenças transmissíveis por via hídrica

na região. Além disso, a resolução também indica quais métodos de amostragem e análise devem ser utilizados e determina que trechos de praias e balneários podem ser interditados pelo órgãos ambientais de quaisquer instâncias, caso seja constatada a má qualidade das águas.

Tabela 5 – Qualidade exigida pela Resolução nº 274 do CONAMA para balneabilidade

Categoria	Coliformes termotolerantes (NMP/100ml)	<i>Escherichia coli</i> (NMP/100ml)	<i>Enterococcus</i> (NMP/100ml)	pH
Excelente	≤ 250	≤ 200	≤ 25	6,0 - 9,0
Muito boa	≤ 500	≤ 400	≤ 50	6,0 - 9,0
Satisfatória	≤ 1000	≤ 800	≤ 100	6,0 - 9,0

Fonte: CONAMA, 2000

4.1.3. Resolução 357/2005 do CONAMA

Em 2005, o Conselho Nacional do Meio Ambiente elaborou a Resolução nº 357 para complementar as legislações brasileiras referentes ao uso da água, criando classificações para corpos da água e definindo suas possíveis utilizações (CONAMA, 2005). Em seu escopo são abordadas questões relativas às águas superficiais, como rios, lagos e mares, sejam elas doces, salinas ou salobras. O documento considera que a classificação das águas é essencial para a defesa de seus níveis de qualidade e para assegurar suas possibilidades de uso, visto que a saúde e o equilíbrio ecológico não devem ser comprometidos pela deterioração das águas. Também devem ser respeitadas as exigências a respeito de balneabilidade definidas pela Resolução 274/2000 do CONAMA, sendo consideradas atividades de recreação de contato primário aquelas em que há elevada possibilidade de o banhista ingerir água e de contato secundário aquelas em que este risco é pequeno. Quando a finalidade da água é para captação destinada ao consumo humano, devem ser seguidas as exigências de qualidade definidas para potabilidade pela Portaria 2914/2011 do MS.

A resolução classifica os corpos d'água em treze categorias. Para as águas doces, são elas: classe especial, que pode ser destinada ao abastecimento para consumo humano após processo de desinfecção; classe 1, abastecimento para consumo humano após tratamento simplificado, recreação de contato primário e irrigação de alimentos consumidos crus; classe 2, abastecimento para consumo humano após tratamento convencional e irrigação em locais de acesso ao público; classe 3, abastecimento para consumo humano após tratamento convencional

ou avançado, recreação de contato secundário e irrigação de culturas arbóreas, cerealíferas e forrageiras; classe 4, destinada a atividades com baixo ou nenhum contato humano. O Quadro 2 resume estas informações e a Tabela 6 expõe os limites de alguns parâmetros para cada categoria. Além destes valores, também é exigido para as classes 1, 2 e 3 que a água não possua materiais flutuantes, resíduos sólidos, contaminação por óleos ou graxas e substâncias tóxicas ou que confirmem sabor ou odor. Para a classe 4, indica-se que o odor e o aspecto não sejam objetáveis e que não existam materiais flutuantes ou de fácil sedimentação, apesar de ser permitido leve presença de óleos ou graxas. Também são definidos valores para outros 100 parâmetros, entre eles substâncias químicas, tóxicos e microrganismos. Entre outras questões, o documento indica as responsabilidades e métodos de análise, condições para lançamento de efluentes e outras diretrizes ambientais.

Quadro 2 – Categorias definidas pela Resolução 357/2005 do CONAMA

Categoria	Finalidade	Usos
Classe 1	potável	abastecimento após tratamento simplificado
Classe 2		abastecimento após tratamento convencional
Classe 3		abastecimento após tratamento avançado
Classe 1	não potável	recreação de contato primário, irrigação
Classe 2		irrigação
Classe 3		recreação de contato secundário, irrigação
Classe 4		atividades sem contato humano

Fonte: CONAMA, 2005

Tabela 6 – Qualidade exigida pela Resolução 357/2005 do CONAMA

Categoria	Coliformes termotolerantes ou <i>E. coli</i>(NMP/100ml)	DBO (mg/l)	OD (mg/l)	Turbidez (NTU)	Cor (UH)	pH
Classe 1	≤ 200	≤ 3	≥ 6	≤ 40	N/A	6,0 - 9,0
Classe 2	≤ 1000	≤ 5	≥ 5	≤ 100	≤ 75	6,0 - 9,0
Classe 3	≤ 2500* ≤ 4000**	≤ 10	≥ 4	≤ 100	≤ 75	6,0 - 9,0
Classe 4	N/A	N/A	≥ 2	N/A	N/A	6,0 - 9,0
* para uso de recreação de contato secundário						
** para demais atividades sem valores específicos						

Fonte: CONAMA, 2005

4.1.4. Manual da ANA 2005

A Agência Nacional de Águas é uma entidade vinculada ao Ministério do Meio Ambiente que tem como atribuição desenvolver planos de gestão de recursos hídricos e dar suporte técnico na área. Juntamente com outras instituições, elaborou em 2005 um Manual de Conservação e Reuso da Água em Edificações, que visa conscientizar os usuários da importância da conservação da água, por meio da exposição de diretrizes para reduzir seu consumo (ANA, 2005). Uma das estratégias abordadas é a utilização de água cinza ou pluvial como fontes alternativas para usos não potáveis, o que exige cuidados específicos para evitar o risco de contaminação ao usuário, visto que o proprietário se torna responsável pela gestão qualitativa e quantitativa do sistema alternativo.

O documento define exigências qualitativas para água não potável de acordo com a finalidade de uso. Para usos em descargas de bacias sanitárias, irrigação, rega de jardim, lavagem de veículos e de pisos, as principais definições são que a água não deve apresentar mau cheiro, ser abrasiva, manchar superfícies, propiciar contaminação por vírus ou bactérias nem deteriorar equipamentos. No caso de lavagem de roupas, além das exigências anteriores, a água deve ser incolor e livre de algas, partículas sólidas e metais; também são citados finalidade para sistemas de refrigeração e uso na construção civil, com algumas especificações próprias. Em relação à água de reuso, também referidas como água cinza, o manual define padrões de qualidade segundo classes de utilização baseadas nos usos permitidos, indicados no Quadro 3, com valores limites de alguns parâmetros conforme a Tabela 7. A classe 1 define usos para descarga de bacias sanitárias, lavagem de pisos, roupas e veículos e fins ornamentais; a classe

2 é para uso na construção civil, para lavagem de agregados e preparação de concreto; e a classe 3 é para irrigação de jardins. A condição de todas as atividades é de que não haja exposição do usuário à água reciclada. Para a água pluvial, não são especificados padrões de qualidade, simplesmente há a indicação de que sua utilização requer controle e avaliação da necessidade de tratamento, de forma que não comprometa a saúde dos usuários ou a integridade dos equipamentos.

Quadro 3 – Categorias definidas pelo Manual da ANA 2005

Categoria	Finalidade	Usos
Classe 1	não potável	descargas de bacias sanitárias, limpeza de pisos, lavagem de roupas e carros e fins ornamentais
Classe 2		construção civil
Classe 3		irrigação

Fonte: ANA, 2005

Tabela 7 – Qualidade exigida pelo Manual da ANA 2005 para água cinza

Categoria	Coliformes termotolerantes (NMP/100ml)	DBO (mg/l)	Turbidez (NTU)	Cor (UH)	pH
Classe 1	ausentes	≤ 10	≤ 2	≤ 10	6,0 - 9,0
Classe 2	≤ 1000	≤ 30	N/A	N/A	6,0 - 9,0
Classe 3	≤ 200	≤ 20	≤ 5	≤ 30	6,0 - 9,0

Fonte: ANA, 2005

4.1.5. NBR 15527/2007

No ano de 2007, a ABNT publicou a primeira versão da NBR 15527, que define critérios e requisitos para a utilização de sistemas de aproveitamento de água pluvial (ABNT, 2007). Durante a elaboração deste trabalho, o site da entidade informa que a norma está passando por processo de revisão. Como referência, também devem ser consideradas outras normas relacionadas aos componentes do sistema, entre elas as normas de instalações prediais de água pluvial e de água fria e relacionadas a projetos de abastecimento de água.

A norma prevê a utilização de água pluvial para fins não potáveis, como descargas de bacias sanitárias, irrigação de plantas ornamentais, lavagem de veículos, limpeza de pisos, usos paisagísticos e industriais, limitada a edificações em áreas urbanas. A área de coleta se restringe

às coberturas e telhados onde não haja circulação de pessoas, veículos ou animais, sendo obrigatória a instalação de dispositivos para a remoção de detritos nas calhas e condutores. É recomendada a instalação de dispositivos automatizados de descarte das águas iniciais, que devem ser dimensionados pelo projetista, sendo indicado o descarte dos dois primeiros milímetros do evento de precipitação.

No projeto do reservatório devem ser considerados extravasores, dispositivos de esgotamento, cobertura, inspeção, ventilação e segurança; quando houver uma fonte secundária de água, deve-se utilizar dispositivos que impeçam a conexão cruzada, a fim de proteger as redes de abastecimento. Pede-se que a água armazenada seja protegida da incidência solar direta, do calor e de quaisquer animais que possam adentrar nos tanques. Também são expostos métodos de dimensionamento e exigido que a manutenção dos dispositivos de armazenamento ocorra anualmente, realizando-se limpeza com hipoclorito de sódio. O excesso de água pode ser descartado nas galerias públicas de água pluvial ou infiltrado, desde que não ofereça risco de contaminação aos lençóis freáticos. Apesar de não serem especificados os materiais que devem ser utilizados, as tubulações e componentes do sistema de aproveitamento de água pluvial devem ser diferenciados dos de água potável, com os pontos de consumo identificados com placas informando que se trata de água não potável.

Não é citado nenhum tratamento obrigatório: a qualidade da água deve ser definida de acordo com a utilização prevista. A Tabela 8 indica os parâmetros exigidos para usos mais restritivos. Permite-se utilizar derivado clorado, raios ultravioletas, ozônio ou outras estratégias para desinfecção. Entre outras informações, a norma indica recomendações gerais sobre os componentes e a frequência de manutenção necessária e alerta para o cuidado com a utilização de substâncias nocivas à saúde para a limpeza do sistema.

Tabela 8 – Qualidade exigida pela NBR 15527 para água pluvial

Coliformes totais (NMP/100ml)	Coliformes termotolerantes (NMP/100ml)	Turbidez (NTU)	Cor aparente (uH)	pH
ausente	ausente	$\leq 2^*$	≤ 15	6,0 - 8,0**
* ≤ 5 para usos menos restritivos				
** quando utilizada tubulação de aço carbono ou galvanizado				

Fonte: ABNT, 2007

4.1.6. Portaria 2914/2011 do MS

O Ministério da Saúde é um órgão do governo federal brasileiro responsável por estabelecer políticas públicas voltadas para a promoção, prevenção e assistência à saúde. Em 2011, elaborou a Portaria nº 2914, que trata sobre questões relacionadas à qualidade da água para consumo humano e padrões de potabilidade, além de ter revogado a portaria anteriormente em vigor (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2011). Este documento se aplica a toda água destinada ao consumo humano que seja proveniente de um sistema de abastecimento de água coletivo, seja ele convencional, como de companhias de água, ou alternativo, como poços artesianos. Assim, está fora do escopo da legislação águas envazadas ou destinadas à elaboração de outros produtos. Entre as exigências, define-se que toda água destilada para consumo humano deverá ser submetida a desinfecção ou cloração e, caso seja proveniente de mananciais superficiais, deverá também passar por processo de filtração. Em toda a extensão do sistema de abastecimento, é obrigatório manter a concentração mínima de 0,2 mg/l de cloro residual livre, ou 2 mg/l de cloro residual combinado ou 0,2 mg/l de dióxido de cloro, a fim de impedir a proliferação de microrganismos. Isto é válido para quaisquer sistemas, portanto naqueles em que é utilizado ozônio ou radiação ultravioleta como estratégia de desinfecção, é necessária a posterior adição de cloro para manter os níveis mínimos exigidos.

Em relação ao padrão de potabilidade, são definidos parâmetros físico-químicos e radioativos: a Tabela 9 expõe os principais parâmetros também citados pela NBR 15527/2007 e seus limites permitidos em 95% das amostras, de acordo com o tratamento submetido à água. Além destes, a portaria define mais de 50 componentes químicos que apresentam risco à saúde, entre eles pesticidas, cianotoxinas, substâncias orgânicas e inorgânicas. Também é recomendado que no sistema de distribuição o valor de pH da água se mantenha entre 6,0 e 9,5, que o teor máximo de cloro residual livre seja de 2 mg/l e que o monitoramento de vírus entéricos seja realizado quando a captação de água ocorre de um manancial superficial. O documento também indica as responsabilidades de cada parte envolvida, desde o governo até o responsável pela operação dos sistemas, e as penalidades cabíveis em cada situação que ocasionem risco à saúde, além das metodologias de análise e dos planos de amostragem para a determinação da qualidade da água.

Tabela 9 – Qualidade exigida pela Portaria nº 2914 do MS para potabilidade

Tratamento	Coliformes totais (NMP/100ml)	<i>Escherichia coli</i> (NMP/100ml)	Turbidez (NTU)	pH*
Somente desinfecção	ausente	ausente	≤ 1	6,0 - 9,5
Filtração rápida			≤ 0,5	6,0 - 9,5
Filtração lenta			≤ 1	6,0 - 9,5
* recomendação				

Fonte: Ministério da Saúde, 2011

4.2. Diretrizes Internacionais

4.2.1. Alemanha

Na Alemanha, o uso de fontes alternativas de água para finalidades não potáveis em sistemas autônomos é regulamentado pela normativa DIN 16941 (CEN, 2015; CEN 2017), que é dividida em duas partes. A primeira trata especificamente sobre o aproveitamento de água pluvial e foi publicada em dezembro de 2015, enquanto a segunda é relacionada com o reuso de água cinza, publicada em outubro de 2017. Juntas, as duas partes definem diretrizes básicas de funcionamento dos sistemas, materiais adequados, possibilidades de uso, classes e padrões de qualidade, além de apresentar orientações gerais aos usuários. Apesar de o documento analisado ser um projeto de norma, que ainda está em fase de aprovação pelo Comitê Europeu de Normalização (CEN), o texto original e integral da primeira parte foi publicado oficialmente como uma norma europeia em junho de 2018.

A norma define que os sistemas individuais de coleta e aproveitamento de água pluvial podem ser implementados para substituir a água potável para fins não potáveis, como descargas de bacias sanitárias e mictórios, lavagem de roupas, irrigação, limpeza e sistemas de controle climático, entre outros. Não está prevista em seu escopo a utilização da água pluvial para consumo humano. Permite-se que praticamente qualquer tipo de edificação pode utilizar tais sistemas, como áreas residenciais, comunitárias, industriais, hotéis, parques, teatros e estádios. Não há restrição quanto ao que é caracterizado como superfície de coleta, apenas evidencia-se que os diferentes tipos de superfície e seus materiais resultam em características diferentes na água coletada.

Os tratamentos indicados visam garantir que a qualidade da água coletada seja compatível com a sua finalidade de uso, além de proteger os componentes do sistema e reduzir

a necessidade de manutenção. A norma exige que dispositivos de tratamento inicial, como filtros e separadores, sejam instalados antes da armazenagem e em todos os casos; seu propósito é impedir que a maioria dos sólidos e matéria orgânica entrem no sistema, sendo que as partículas presentes nos tanques de armazenamento devem ter tamanho máximo de um milímetro. Apesar de a água pluvial coletada geralmente possuir qualidade adequada para os usos citados acima sem necessitar de tratamento adicional, dispositivos de filtração e desinfecção são necessários caso a finalidade de uso desejada demande qualidade superior.

A respeito do funcionamento do sistema, é prescrito que a escolha dos materiais utilizados não prejudique a qualidade da água e considere o risco de corrosão em componentes submersos. Também é exigido pelo menos um dispositivo de armazenamento, que deve permitir a ventilação natural e ser composto por material não translúcido, além de estar protegido de condições adversas, como incidência direta de luz solar, gelo e temperaturas extremas. Em locais que exista rede pública de abastecimento, é necessário que um sistema secundário de abastecimento seja integrado com o sistema de aproveitamento de água pluvial, de forma que automaticamente forneça água quando os dispositivos de armazenamento de água pluvial atingirem um nível mínimo, garantindo o funcionamento deste. Deve-se também prever um dispositivo de proteção para prevenir qualquer possível contaminação da rede pública com água não potável. O excesso de água coletado pelo sistema deve ser infiltrado ou encaminhado para corpos d'água visando manter o ciclo natural da água e somente em últimos casos ser descartado na rede de esgoto.

A norma prevê para alguns casos análise de risco para determinar se o sistema é seguro e adequado para uso, considerando projeto, instalação, testes, operação e manutenção do sistema, incluindo também a qualidade da água. Devem ser avaliados os impactos nos usuários, instaladores e operadores, principalmente naqueles mais suscetíveis a águas de qualidade inferior, como crianças e idosos, além dos impactos em edificações, infraestrutura, corpos d'água, plantas e animais no ambiente no qual o sistema será implementado.

Os sistemas de aproveitamento de água pluvial devem ser concebidos para garantir que a qualidade da água não potável seja adequada para uso e não apresente riscos à saúde. As Tabelas 10 e 11 expõem o padrão de qualidade exigido pela norma para parâmetros físico-químicos e biológicos, respectivamente, de acordo com as finalidades de uso. A maioria dos parâmetros possuem faixa de valores bem definidas, enquanto para cor e sólidos suspensos os limites são mais subjetivos, pois ficam dependentes da interpretação de cada avaliador. Pode-se notar que para aplicações em *spray*, que incluem equipamentos de limpeza sob pressão,

regadores automáticos de jardim e lava-carros, as exigências dos parâmetros biológicos são mais restritivas, provavelmente devido ao maior risco de contato acidental com o usuário.

A norma também define outras informações relevantes, como detalhes sobre o sistema, materiais comumente utilizados, métodos de dimensionamento, formas de identificação e diferenciação do sistema, procedimentos de manutenção e informações exigidas dos fabricantes sobre os componentes.

Tabela 10 – Qualidade exigida pela DIN 16941 para parâmetros físico-químicos

Usos	Coliformes totais (NMP/100ml)	<i>Escherichia coli</i> (NMP/100ml)	<i>Legionella pneumophila</i> (NMP/100ml)	<i>Enterococcus</i> (NMP/100ml)
Aplicação em spray	≤ 10	ausente	10	ausente
Descarga de bacias sanitárias	≤ 1000	≤ 250	N/A	≤ 100
Rega de Jardim	≤ 1000	≤ 250	N/A	≤ 100
Máquina de lavar roupa	≤ 1000	≤ 250	N/A	≤ 100

Fonte: CEN 2015; CEN 2017

Tabela 11 – Qualidade exigida pela DIN 16941 para parâmetros biológicos

Usos	pH	Turbidez (NTU)	Cor	Sólidos suspensos	Oxigênio dissolvido
Aplicação em spray	5,0 - 9,5	≤ 10*	visualmente limpo	visualmente limpo	> 10% e > 1 mg/l
Descarga de bacias sanitárias	5,0 - 9,5	≤ 10*	visualmente limpo	visualmente limpo	> 10% e > 1 mg/l
Rega de Jardim	5,0 - 9,5	≤ 10*	visualmente limpo	visualmente limpo	> 10% e > 1 mg/l
Máquina de lavar roupa	5,0 - 9,5	≤ 10*	visualmente limpo	visualmente limpo	> 10% e > 1 mg/l
* ≤ 1 caso seja usado desinfecção por raios ultravioletas					

Fonte: CEN 2015; CEN 2017

4.2.2. Estados Unidos

No ano de 2012 a Agência Nacional de Proteção Ambiental dos Estados Unidos publicou um documento extenso que define estratégias para uso racional de água e diretrizes nacionais para seu reuso (EPA, 2012). Contudo, este guia não se caracteriza como uma legislação: normas sobre aproveitamento e reuso de águas são de responsabilidade dos órgãos estaduais. Assim, por não existir uma normativa nacional sobre o assunto, há grande variabilidade nas regulamentações sobre aproveitamento de água pluvial para usos não potáveis entre diferentes regiões. Apesar de nem todos os estados considerarem o aproveitamento de água pluvial uma prática distinta do reuso de água, alguns estados, como Geórgia e Virgínia, publicaram documentos definindo diretrizes para tais sistemas, os quais serão abordados a seguir.

No estado de Geórgia, um manual de diretrizes para sistemas de aproveitamento de água pluvial foi publicado em 2009 (DCA, 2009). O documento prevê a utilização de água pluvial para usos não potáveis dentro de edificações, como descargas de bacias sanitárias e sistemas de resfriamento, e para usos externos, como sistemas de irrigação e lavagem de carros. A área de coleta é definida como telhados e superfícies construídas que estejam localizadas acima do chão.

O tratamento exigido pelo manual depende da finalidade de uso. Para usos internos, a água coletada deve ser filtrada, para evitar que detritos entrem no sistema e prejudiquem o funcionamento das válvulas de descarga e outros equipamentos, e devidamente desinfetada. Para usos externos, pouco ou nenhum tratamento é exigido, apenas recomenda-se a filtração necessária para remover sedimentos que possam entupir os equipamentos, a fim de garantir o seu correto funcionamento.

Apesar de o documento conter poucas exigências, diversas outras informações relevantes são apresentadas. Seus capítulos apresentam um breve histórico da utilização de água pluvial, destacando benefícios e viabilidade econômica. Também são expostos equipamentos, materiais e tratamentos comumente empregados, métodos de dimensionamento, funcionamento do sistema e estudos de caso, além de noções a respeito de consumo e conservação dos recursos hídricos.

No estado de Virgínia, também foi publicado em 2009 um manual com diretrizes sobre o uso de sistemas de aproveitamento de água pluvial (CABELL BRAND CENTER, 2009). O documento indica sua utilização tanto para fins não potáveis, como descargas de bacias sanitárias, lavagem de roupas, irrigação, limpeza, lavagem de carros, sistemas de controle

climático, sistemas de combate a incêndio, processos industriais e em piscinas; quanto para fins potáveis, dentre eles consumo humano, culinária, banho e lavagem de louças. Quanto à área de coleta, está prevista somente a utilização de telhados.

O manual considera que experiências práticas confirmam que as exigências da legislação alemã são suficientes para garantir o bom funcionamento e a segurança dos sistemas. Portanto, indica que os padrões da normativa DIN 1989, que trata sobre planejamento, instalação, operação e manutenção de sistemas de aproveitamento de água pluvial, podem ser utilizados quando não existem regulamentações nacionais, que é o caso dos Estados Unidos.

De acordo com as diretrizes, todos os sistemas possuem como componente básico um tanque de pré-tratamento, que impede a entrada de detritos. Para usos externos, não é exigido nenhum tratamento adicional e para usos internos, é necessário filtração com sedimentação e desinfecção, utilizando também filtro de carbono caso a finalidade de uso seja potável. Em casos em que a tubulação seja metálica, é necessário o controle do pH.

Sobre o projeto do sistema, algumas características são exigidas. Os telhados de cobre e que contenham chumbo não podem ser utilizados em aplicações nas quais haja consumo humano e os telhados verdes com base de solo só podem ser utilizados para coleta de água com destino à irrigação; alumínio e membranas de borracha são os materiais mais indicados. É exigido que as primeiras águas sejam descartadas por meio de um sistema que não necessite de manutenção a cada evento de chuva; caso seja necessário a armazenagem destas águas, só é permitida sua utilização para irrigação. Os tanques de armazenamento devem permitir ventilação, estar protegidos de congelamento, impedir crescimento de algas e serem resistentes aos raios ultravioletas, caso estejam expostos a sua incidência.

No documento também são indicadas especificações técnicas e noções de dimensionamento de outros componentes e, assim como o manual do estado de Geórgia, são expostos equipamentos, materiais e tratamentos comumente empregados, estudos de caso e noções a respeito de consumo e conservação dos recursos hídricos.

A Tabela 12 expõe os padrões de qualidade de água exigidos pelos manuais sobre aproveitamento de água pluvial dos estados de Geórgia e Virgínia, de acordo com a finalidade de uso. Para usos não potáveis, os valores limites permitidos para coliformes totais e fecais são os mesmos para ambos os estados. Destaca-se também que a turbidez é o único parâmetro físico-químico que deve ser monitorado.

Tabela 12 – Qualidade exigida pelas diretrizes estaduais americanas

Estado	Usos	Coliformes totais (NMP/100ml)	Coliformes termotolerantes (NMP/100ml)	Cistos de protozoários (NMP/100ml)	Vírus (NMP/100ml)	Turbidez (NTU)
Geórgia	não potáveis	≤ 500	≤ 100	N/A	N/A	≤ 10
Virgínia	potáveis	≤ 0	≤ 0	≤ 0	≤ 0	≤ 1
	não potáveis	≤ 500	≤ 100	N/A	N/A	N/A
	externos	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A

Fonte: DCA, 2009; CABELL BRAND CENTER, 2009

4.2.3. Austrália

Em 2017, o governo australiano publicou uma nova versão de seu documento de diretrizes nacionais de água potável, que, apesar de não obrigatório, define padrões básicos de qualidade (NHMRC, 2017). As indicações se aplicam para qualquer fonte de água que tenha finalidade de consumo humano, entre elas água pluvial e com exceção de água engarrafada, e para todos os lugares de consumo, sejam edifícios residenciais, comerciais, públicos ou de lazer. Também é indicado que as determinações devem considerar a diversidade de fatores regionais, econômicos, políticos e culturais.

Em questões gerais, é exigido que a água seja segura para consumo por qualquer pessoa em condições normais de saúde, desde crianças de seis meses até idosos, além de ser agradável em termos de aparência, sabor e odor. Para ser considerada segura, a água não deve conter concentrações perigosas de químicos ou patogênicos e sua qualidade é definida a partir de dois tipos de dois conjuntos de limites: um relacionado com a saúde, baseado em valores que não apresentem nenhum risco ao consumidor durante toda a vida de consumo; e outro com a estética, associado com a aceitabilidade das características da água pelo usuário. O documento define mais de 250 parâmetros físico-químicos para serem monitorados, que incluem substâncias naturalmente presentes na água de diferentes fontes, produtos usados para desinfecção, tóxicos e pesticidas, estabelecendo valores limites para saúde e para estética quando aplicáveis, além de exigir a ausência de *E. coli* como parâmetro microbiológico. A Tabela 13 expõe os limites exigidos pelas diretrizes para os parâmetros que também são citados pela NBR 15527/2007.

Tabela 13 – Qualidade exigida pela diretriz australiana de água potável

Limite	<i>Escherichia coli</i> (NMP/100ml)	Turbidez (NTU)	Cor (UH)	pH
Saúde	ausente	N/A	N/A	N/A
Estética	ausente	≤ 5	≤ 15	6,5 - 8,5

Fonte: NHMRC, 2017

Apesar de todas as exigências serem aplicáveis a sistemas de aproveitamento de água pluvial para finalidades potáveis, visto que esta é uma das fontes de água previstas, o documento de diretrizes recomenda a utilização de outro manual, com informações específicas sobre o assunto de tanques de armazenamento de água pluvial. Sua terceira edição, publicada em 2011 também por um comitê do governo australiano, define orientações gerais para o projeto, instalação e uso de sistemas de aproveitamento de água pluvial (EN HEALTH, 2011).

Segundo este documento, o aproveitamento de água pluvial é bastante comum na Austrália: cerca de 19% das residências possuem tanques de água pluvial e em 10% estes são utilizados como principal fonte de água. Historicamente, a água pluvial é essencial para o abastecimento de áreas rurais e partes remotas do país, além de ter se tornado uma estratégia para conservação de água e para reduzir os impactos de secas e das mudanças climáticas. As finalidades previstas são diversas, incluindo consumo humano, preparo de alimentos, banho, lavagem de roupas, descarga de bacias sanitárias e rega de jardim. Na maioria das regiões do país o risco de doenças ocasionadas pelo consumo de água pluvial é baixo, visto que geralmente possui qualidade elevada, considerando que os sistemas possuem boa manutenção.

A utilização mais comum dos sistemas de água pluvial no país é para abastecimento individual de residências, com finalidade de uso potável, porém não há restrição quanto a utilização em edificações comerciais, comunitárias ou industriais. Apesar de o documento não especificar quais tipos de superfície são permitidos como área de coleta, infere-se que esta etapa seja realizada por meio dos telhados das edificações. Quanto ao tratamento, é indicada a utilização de dispositivos de descarte das primeiras águas, que devem descartar cerca de 20 a 25 litros de água, em sistemas com telhados de dimensões médias. Estes dispositivos são considerados barreiras extras contra contaminação e não devem substituir as manutenções das áreas de coleta. Sistemas de filtração geralmente não são necessários e, caso instalados, devem seguir as especificações do fabricante para evitar o crescimento de algas. Os métodos de

desinfecção mais comuns são a irradiação ultravioleta, fervura da água e cloração. Apesar disto, este último não é indicado para a maioria dos casos, visto que sua eficácia se restringe à água presente no tanque no momento da dosagem, em casos em que o sistema de aplicação não é contínuo, além de ocasionar sabor e odor característicos do cloro na água.

O manual também indica os materiais comumente utilizados nos componentes de todo o sistema, além de boas práticas para sua conservação e seu impacto na qualidade da água coletada. Entre outras premissas está a exigência de que os sistemas de água pluvial não entrem em contato com os sistemas públicos de abastecimento, sendo necessária a utilização de dispositivos de proteção contra refluxo, e que o excesso de água do sistema deve ser descartado em jardins ou no sistema de drenagem de chuva. Também são expostas informações relativas a tamanhos adequados dos dispositivos de armazenamento e coleta, métodos de dimensionamento, volume de água geralmente consumido, considerações a respeito da média de chuva, principais fontes de poluição da água pluvial, custos e benefícios.

Neste documento, não é imposta nenhuma exigência em relação a valores de parâmetros de qualidade da água coletada; apenas determina-se que a água deve ser segura para sua finalidade. São indicadas estratégias de manutenção e monitoramento do sistema, que são baseadas em inspeção visual ao invés de testes em laboratórios, visto que são consideradas a melhor forma de garantir boa qualidade da água coletada.

Entre outros documentos relacionados com a utilização de água pluvial, há um projeto de norma publicado pelo governo do Estado da Austrália Ocidental em abril de 2009, que trata de sistemas de abastecimento coletivo que utilizem como fonte a captação de água pluvial (WA HEALTH, 2009). Apesar de não incluir questões sobre sistemas individuais de aproveitamento de água pluvial, o documento indica padrões de qualidade que podem ser relevantes para utilização como base para sistemas residenciais. Esta norma prevê a captação da chuva em quaisquer superfícies e a utilização da água coletada somente para fins não potáveis. O Quadro 4 resume as informações das categorias de uso: as atividades definidas como alta exposição são usos domésticos internos, irrigação de alimentos não processados ou de áreas sem acesso restrito, descargas de bacias sanitárias e máquinas de lavar roupa; como média exposição, irrigação de áreas com acesso restrito, chafarizes e uso industrial; como baixa, irrigação subsuperficial ou em áreas de acesso restrito e método de aplicação melhorado e irrigação de alimentos processados; e como extra baixa, irrigação de bosques e lavouras não comestíveis. A Tabela 14 expõe os padrões de qualidade de água exigidos de acordo com

categoria de uso, porém somente para águas coletadas em telhados. Também são indicadas especificações do sistema, de manutenção e de monitoramento.

Quadro 4 – Categorias definidas pelo projeto de norma

Categoria de exposição	Finalidade	Usos
Alta	não potável	atividades internas, irrigação, descarga de bacias sanitárias, lavagem de roupas
Média		irrigação e usos industriais
Baixa		irrigação
Extra baixa		irrigação de lavouras não comestíveis

Fonte: WA Health, 2009

Tabela 14 – Qualidade exigida pelo projeto de norma para usos não potáveis

Categoria de exposição	<i>Escherichia coli</i> (NMP/100ml)	DBO (mg/l)	Turbidez (NTU)	Sólidos suspensos (mg/l)	pH
Alta	≤ 1	≤ 10	≤ 2*	≤ 10	6,5 - 8,5
Média	≤ 10	≤ 20	≤ 5	≤ 30	6,5 - 8,5
Baixa	≤ 1000	≤ 20	N/A	≤ 30	6,5 - 8,5
Extra baixa	≤ 10000	N/A	N/A	N/A	N/A
* em 95% dos casos; ≤ 5 como máximo permitido					

Fonte: WA Health, 2009

4.3. Síntese dos Resultados

4.3.1. Comparação de documentos nacionais

O Quadro 5 resume as principais informações a respeito das diretrizes nacionais, a quais casos se aplicam e suas exigências. Nota-se que os usos para a água cinza, definidos pela NBR 13969/1997 e pelo Manual da ANA 2005, e para água pluvial, indicados pela NBR 15527/2007, são equivalentes. Para o primeiro, cada finalidade está separada em uma categoria, visto que são atividades que possuem riscos distintos de contato com o usuário; para os últimos dois, praticamente todas as atividades residenciais requerem a mesma qualidade de água, apesar de o manual contar com três categorias de uso. Também é importante ressaltar que os critérios

de balneabilidade, definidos pela Resolução 274/2000 do CONAMA, são referentes a atividades de recreação de contato primário, ou seja, o usuário está em contato direto com a água e há alto risco de ingestão. A Resolução 357/2005 do CONAMA trata sobre a qualidade da água, antes do tratamento, necessária para corpos da água que possam ser utilizados para abastecimento público, enquanto a Portaria 2914/2011 expõe as exigências da água para consumo humano após o tratamento.

A Tabela 15 resume os valores exigidos para os principais parâmetros físico-químicos, separados pelas categorias de cada documento. Para o pH, a faixa de valores permitidos é semelhante para todas as exigências, com as NBR 13969/1997 e NBR 15527/2007 um pouco mais restritivas. Geralmente o controle do pH é exigido para proteger os componentes e tubulações; como o estudo trata de usos urbanos, todos os sistemas de distribuição na edificação são equivalentes, portanto, parecem injustificadas as diferentes exigências para este parâmetro. Em relação à turbidez, mesmo com finalidades de uso iguais, a NBR 15527/2007 exige valores mais restritivos que a NBR 13969/1997. Comparando-se também com a Resolução 357/2005 do CONAMA, ambas as normas anteriores são muito mais restritivas. O mesmo acontece para o parâmetro cor: a NBR 15527/2007 exige valores cinco vezes inferiores ao indicado pela Resolução 357/2005 do CONAMA.

A Tabela 16 indica as exigências para parâmetros biológicos, também divididos em finalidades de uso. Verifica-se que neste quesito a NBR 15527/2007, que indica qualidade para usos não potáveis, é tão restritiva quanto a Portaria 2914/2011 do MS, relativa ao consumo humano. Em relação às diretrizes para água cinza, os valores limites apresentam-se um pouco diferentes para o Manual da ANA 2005 e a NBR 13969/1997, apesar de possuírem finalidades iguais, sendo este último documento mais permissivo. Contudo, ambos são mais permissivos que as exigências para água pluvial.

Quadro 5 – Comparação das águas e usos para diretrizes nacionais

Documento	Água	Categorias	Finalidade	Usos
NBR 13969	água cinza	Classe 1	não potável	lavagem de veículos e chafarizes
		Classe 2		limpeza, paisagístico
		Classe 3		bacias sanitárias
		Classe 4		pomares
Resolução nº 274/2000 CONAMA	corpo de água doce	Excelente	balneabilidade	recreação de contato primário
		Muito boa		
		Satisfatória		
Resolução nº 357/2005 CONAMA	corpo de água doce	Classe 1	potável	abastecimento humano após tratamento simplificado, recreação de contato primário e irrigação de alimentos consumidos crus
		Classe 2		abastecimento humano após tratamento convencional, irrigação em locais de acesso ao público
		Classe 3		abastecimento humano após tratamento avançado, recreação de contato secundário e irrigação de culturas arbóreas, cerealistas e forrageiras
		Classe 4	não potável	atividades sem contato humano
Manual ANA 2005	água cinza	Classe 1	não potável	bacias sanitárias, lavagem de pisos, roupas e veículos e usos paisagísticos
		Classe 2		construção civil
		Classe 3		irrigação de jardins
NBR 15527	água pluvial	-	não potável	bacias sanitárias, lavagem de pisos e veículos e usos paisagísticos e industriais
Portaria nº 2914/2011 MS	sistema de abastecimento coletivo	Desinfecção	potável	consumo humano
		Filtração rápida		
		Filtração lenta		

Fonte: elaborado pela autora

Tabela 15 – Comparação de diretrizes nacionais para parâmetros físico-químicos

Documento	Categorias	Turbidez (NTU)	Cor (uH)	pH
NBR 13969/1997	Classe 1	≤ 5	N/A	6,0 - 8,0
	Classe 2	≤ 5	N/A	6,0 - 8,0
	Classe 3	≤ 10	N/A	6,0 - 8,0
	Classe 4	N/A	N/A	6,0 - 8,0
Resolução nº 274/2000 CONAMA	Excelente	N/A	N/A	6,0 - 9,0
	Muito boa	N/A	N/A	6,0 - 9,0
	Satisfatória	N/A	N/A	6,0 - 9,0
Resolução nº 357/2005 CONAMA	Classe 1	≤ 40	N/A	6,0 - 9,0
	Classe 2	≤ 100	≤ 75	6,0 - 9,0
	Classe 3	≤ 100	≤ 75	6,0 - 9,0
	Classe 4	N/A	N/A	6,0 - 9,0
Manual ANA 2005	Classe 1	≤ 2	≤ 10	6,0 - 9,0
	Classe 2	N/A	N/A	6,0 - 9,0
	Classe 3	≤ 5	≤ 30	6,0 - 9,0
NBR 15527/2007	-	$\leq 2^*$	≤ 15	6,0 - 8,0**
Portaria nº 2914/2011 MS	Desinfecção	≤ 1	N/A	6,0 - 9,5
	Filtração rápida	$\leq 0,5$	N/A	6,0 - 9,5
	Filtração lenta	≤ 1	N/A	6,0 - 9,5
* ≤ 5 para usos menos restritivos				
** quando utilizada tubulação de aço carbono ou galvanizado				

Fonte: elaborado pela autora

Tabela 16 – Comparação de diretrizes nacionais para parâmetros biológicos

Documento	Categorias	Coliformes totais (MPN/100ml)	Coliformes termotolerantes (MPN/100ml)	<i>Escherichia coli</i> (NMP/100ml)
NBR 13969/1997	Classe 1	N/A	≤ 200	N/A
	Classe 2	N/A	≤ 500	N/A
	Classe 3	N/A	≤ 500	N/A
	Classe 4	N/A	≤ 5000	N/A
Resolução 274/2000 CONAMA	Excelente	N/A	≤ 250	≤ 200
	Muito boa	N/A	≤ 500	≤ 400
	Satisfatória	N/A	≤ 1000	≤ 800
Resolução 357/2005 CONAMA	Classe 1	N/A	≤ 200	≤ 200
	Classe 2	N/A	≤ 1000	≤ 1000
	Classe 3	N/A	$\leq 2500^*$ $\leq 4000^{**}$	$\leq 2500^*$ $\leq 4000^{**}$
	Classe 4	N/A	N/A	N/A
Manual ANA 2005	Classe 1	N/A	ausente	N/A
	Classe 2	N/A	≤ 1000	N/A
	Classe 3	N/A	≤ 200	N/A
NBR 15527/2007	-	ausente	ausente	N/A
Portaria 2914/2011 MS	Desinfecção	ausente	N/A	ausente
	Filtração rápida	ausente	N/A	ausente
	Filtração lenta	ausente	N/A	ausente
* para uso de recreação de contato secundário				
** para demais atividades sem valores específicos				

Fonte: elaborado pela autora

4.3.2. Comparação de diretrizes internacionais

O Quadro 6 mostra as principais características exigidas de sistemas de aproveitamento de água pluvial nos países estudados. Para qualquer um destes, as normas e legislações são bastante abrangentes em relação aos tipos de edificações que podem se beneficiar com o aproveitamento de água pluvial, porém geralmente possuem foco em sistemas urbanos ou industriais. A área de coleta permitida na maioria dos casos é o telhado da edificação, visto que por possuir menor ou nenhum tráfego de pessoas ou veículos normalmente resulta em melhor qualidade de água coletada; somente a norma alemã prevê a captação de quaisquer outras superfícies. As diretrizes de todos os países preveem a utilização da água pluvial para fins não potáveis, com atividades semelhantes. Contudo, a norma brasileira e a indicação do estado da Geórgia, não citam entre as finalidades a lavagem de roupas. Usos potáveis são permitidos apenas pelos documentos da Austrália e do estado da Virgínia, sendo as mesmas atividades de consumo humano indicadas. Tratamento primário, que consiste no descarte das águas iniciais da precipitação, é sempre exigido somente na Alemanha e no Estado de Virgínia; apesar de a água pluvial ser utilizada para consumo humano, os documentos australianos não indicam obrigatoriedade de nenhum tipo de tratamento.

A Tabela 17 resume as exigências de parâmetros físico-químicos para as diretrizes internacionais. A norma alemã permite uma grande faixa de valores para o pH, enquanto a brasileira possui exigência de valores intermediários, a australiana se apresenta como a mais restritiva para águas ácidas e os documentos estadunidenses não exigem o controle deste parâmetro. Em relação à turbidez, a norma brasileira é a mais restritiva, exigindo limites menores que a diretriz australiana para água potável; os documentos da Alemanha e do estado da Geórgia permitem valores maiores para as mesmas finalidades de uso que as diretrizes brasileiras e australianas e no estado da Virgínia não há nenhum limite exigido. O valor exigido para a cor pela norma brasileira é equivalente ao exigido pela legislação de água potável australiana; outros documentos não citam valores para este parâmetro, apesar de a norma alemã indicar de forma subjetiva que deve ser visualmente limpa.

A Tabela 18 indica os limites para os parâmetros para coliformes totais, coliformes termotolerantes e *E. coli*. Na Austrália e no estado da Virgínia, que permitem o uso de água pluvial para consumo humano, a contaminação destas classes de bactérias deve ser nula, assim como também é exigido pela norma brasileira, apesar de tratar de finalidades não potáveis. Para usos residenciais não potáveis, os valores exigidos são variados de acordo com a finalidade, sendo a norma alemã a mais permissiva, exceto nos casos de uso externo no estado da Virgínia.

Quadro 6 – Comparação de exigências para diretrizes internacionais

País ou Estado	Edificações	Área de coleta	Usos permitidos	Tratamento exigido
Brasil	urbanas	telhados sem acesso de pessoas, veículos ou animais	não potáveis: descargas de bacias sanitárias, irrigação de plantas ornamentais, lavagem de veículos, usos paisagísticos e industriais	N/A
Alemanha	residenciais, comunitárias, industriais	qualquer superfície	não potáveis: aplicação em spray, descargas de bacias sanitárias, lavagem de roupas, irrigação, limpeza, lavagem de carros e sistemas de resfriamento	primário sempre exigido; filtração e desinfecção conforme necessidade
EUA Geórgia	residenciais, comunitárias, industriais	telhados e superfícies elevadas do chão	não potáveis: descargas de bacias sanitárias, irrigação, lavagem de carros e sistemas de resfriamento	N/A
EUA Virgínia	residenciais, comunitárias, industriais	telhados	não potáveis: descargas de bacias sanitárias, lavagem de roupas, irrigação, limpeza, lavagem de carros, sistemas de resfriamento, sistemas de combate a incêndio, processos industriais, piscinas	primário sempre exigido; filtração e desinfecção para usos internos
			potáveis: consumo humano, culinária, banho e lavagem de louças	
Austrália	N/A	telhados	não potáveis: descargas de bacias sanitárias, lavagem de roupas, irrigação, lavagem de carros, piscinas, sistemas de resfriamento	N/A
			potáveis: consumo humano, culinária, banho e lavagem de louças	

Fonte: elaborado pela autora

Tabela 17 – Comparação de diretrizes internacionais para parâmetros físico-químicos

País ou Estado	Usos	Turbidez (NTU)	Cor (UH)	Sólidos suspensos (mg/l)	pH
Brasil	não potáveis	$\leq 2,0^*$	≤ 15	N/A	6,0 - 8,0**
Alemanha	não potáveis	$\leq 10^{***}$	visualmente limpo	visualmente limpo	5,0 - 9,5
EUA, Geórgia	não potáveis	≤ 10	N/A	N/A	N/A
EUA, Virgínia	potáveis	≤ 1	N/A	N/A	*
	não potáveis	N/A	N/A	N/A	*
	externos	N/A	N/A	N/A	*
Austrália	potáveis	≤ 5	≤ 15	N/A	6,5 - 8,5
	não potáveis ^a	≤ 2	N/A	≤ 10	6,5 - 8,5
	não potáveis ^b	≤ 5	N/A	≤ 30	6,5 - 8,5
	não potáveis ^c	N/A	N/A	≤ 30	6,5 - 8,5
	não potáveis ^d	N/A	N/A	N/A	6,5 - 8,5
a – atividades de alta exposição					
b – atividades de média exposição					
c – atividades de baixa exposição					
d – atividades de extra baixa exposição					
* ≤ 5 para usos menos restritivos					
** análise necessária somente em sistemas que usem tubulações metálicas					
*** ≤ 1 caso seja usado desinfecção por raios ultravioletas					

Fonte: elaborado pela autora

Tabela 18 – Comparação diretrizes internacionais para parâmetros biológicos

País ou Estado	Usos	Coliformes totais (MPN/100ml)	Coliformes termotolerantes (MPN/100ml)	<i>Escherichia coli</i> (MPN/100ml)
Brasil	não potáveis	ausente	ausente	N/A
Alemanha	não potáveis	≤ 1000	N/A	≤ 250
EUA, Geórgia	não potáveis	≤ 500	≤ 100	N/A
EUA, Virgínia	potáveis	≤ 0	≤ 0	N/A
	não potáveis	≤ 500	≤ 100	N/A
	externos	N/A	N/A	N/A
Austrália	potáveis	N/A	ausente	N/A
	não potáveis ^a	N/A	N/A	≤ 1
	não potáveis ^b	N/A	N/A	≤ 10
	não potáveis ^c	N/A	N/A	≤ 1000
	não potáveis ^d	N/A	N/A	≤ 10000
a – atividades de alta exposição				
b – atividades de média exposição				
c – atividades de baixa exposição				
d – atividades de extra baixa exposição				

Fonte: elaborado pela autora

5. Conclusão

5.1. Conclusões Gerais

Este trabalho comparou o padrão de qualidade de água exigido pela NBR 15527/2007 com diretrizes nacionais relacionadas ao uso de águas e internacionais sobre aproveitamento de água pluvial. Os documentos nacionais estudados foram a NBR 13969/1997, a Portaria 274/2000 do CONAMA, a Portaria 357/2005 do CONAMA, o Manual da ANA 2005 e a Resolução 2914/2011 do MS, além da própria NBR 15527/2007. As diretrizes internacionais incluídas no estudo são referentes a Alemanha, Austrália e Estados Unidos. Foram analisadas orientações gerais em relação aos sistemas e também os valores e parâmetros definidos por cada um dos documentos.

Em relação às diretrizes nacionais, nota-se grande divergência entre as exigências de qualidade de água. Comparando-se a NBR 13969/1997 com o Manual da ANA 2005, as quais discorrem sobre a reutilização de água cinza, verifica-se que as exigências em relação à utilização do sistema e aos padrões de qualidade são diferentes, mesmo para finalidades de uso semelhantes, sendo a primeira mais permissiva. Ambas definem usos não potáveis e atividades equivalentes às citadas pela NBR 15527/2007; contudo a norma para água pluvial é muito mais restritiva, com exigências equivalentes às da Portaria 2914/2011 do MS sobre água para consumo humano para os parâmetros em comum. Pode-se notar também que águas destinadas à recreação de contato primário, com limites de qualidade definidos pela Resolução 274/2000 do CONAMA, possuem valores muito superiores aos de quaisquer outras normas. Isto levanta questionamentos sobre a adequabilidade desta resolução, visto que, apesar de tratar de atividades de contato direto da água com o usuário, em muitos casos é mais permissiva do que atividades sem nenhum contato definidas por outras normativas.

Comparando-se os documentos internacionais, conclui-se que a norma alemã é a mais bem estruturada, com exigências bem definidas, tanto em relação ao projeto, instalação e funcionamento do sistema, quanto aos cenários englobados por seu escopo e seus padrões de qualidade. Esta é também a única diretriz que prevê a utilização de qualquer superfície para captação da água pluvial. Em contrapartida, as diretrizes australianas são as mais vagas e permissivas: não é apresentado nenhum aspecto totalmente obrigatório do sistema, apenas indicações de alternativas e estratégias para a sua implementação. Os documentos estadunidenses também são apenas guias e manuais e não legislações de fato, porém seus padrões de qualidade são os mais restritivos entre as referências internacionais estudadas. Nos países que utilizam água pluvial para consumo humano, além das indicações destes sistemas,

também devem ser seguidas as legislações locais sobre água potável. Verifica-se também que a norma brasileira é a mais restritiva entre todos os países estudados, visto que possui exigências altas, e em comparação possui poucas orientações quanto ao sistema de aproveitamento de água pluvial.

Em vista de todas as considerações anteriores, pode-se inferir que as atuais exigências da NBR 15527/2007 são demasiadamente restritivas. Os resultados obtidos com o estudo indicam possíveis mudanças na atual norma e no padrão de qualidade exigido para sistemas de aproveitamento de água pluvial. As sugestões estão indicadas no Quadro 7, com as categorias e finalidades de uso, e na Tabela 19, com os valores de cada parâmetro. Além dos novos valores sugeridos, recomenda-se que sejam mantidas as indicações gerais a respeito dos sistemas de aproveitamento de água pluvial, como o descarte dos dois primeiros milímetros de chuva. Também devem ser incluídas em seu escopo referências a manuais e guias que sirvam como base para projeto, instalação e funcionamento destes sistemas.

Com base no fato de que a Resolução 357/2005 do CONAMA permite a captação de águas destinadas ao abastecimento público após tratamento de corpos superficiais com valores de poluentes geralmente mais elevados do que os encontrados na literatura para água pluvial, indica-se a que a norma brasileira permita a utilização de sistemas de aproveitamento de água pluvial para fins potáveis. Esta indicação também é corroborada pelas experiências de outros países que permitem a utilização de água pluvial para consumo humano, como Austrália e regiões dos Estados Unidos. Para esta finalidade, são definidos os padrões da classe 1; contudo, além dos parâmetros citados, também é necessário analisar e satisfazer os demais parâmetros exigidos pela Portaria 2914/2011 do MS, a fim de garantir a segurança para consumo humano.

Também são indicadas mais duas categorias para usos não potáveis, criadas a partir do agrupamento de atividades consideradas semelhantes pelas normas alemãs, australianas e diretrizes brasileiras. A classe 2 define padrões para atividades que possam acarretar em contato humano direto, como aplicações em spray, chafarizes e outros equipamentos utilizados em locais de acesso irrestrito ao público. A classe 3 inclui quaisquer outros usos que não coloquem em risco a saúde do usuário, como descargas de bacias sanitárias, limpeza de pisos, máquinas de lavar roupa, irrigação de plantas, jardins e pomares, fins paisagísticos e usos industriais.

Quadro 7 – Categorias definidas pela sugestão do estudo

Categoria	Finalidade	Usos
Classe 1	potável	consumo humano
Classe 2	não potável	possível contato direto
Classe 3		descargas de bacias sanitárias, limpeza de pisos, lavagem de roupas, irrigação, fins ornamentais e usos industriais

Fonte: elaborado pela autora

Tabela 19 – Qualidade definida pela sugestão do estudo

Categoria	Usos	Coliformes totais (NMP/100ml)	Coliformes termotolerantes (NMP/100ml)	Turbidez (NTU)	Cor (UH)	pH
Classe 1	potáveis	ausente	ausente	≤ 5	≤ 15	6,0 - 9,0
Classe 2	não potáveis	≤ 200	≤ 200	≤ 10	N/A	6,0 - 9,0
Classe 3	não potáveis	≤ 1000	≤ 500	≤ 10	N/A	6,0 - 9,0

Fonte: elaborado pela autora

A fim de analisar o impacto das alterações sugeridas, elaborou-se a Tabela 20, na qual é verificado se os valores de qualidade encontrados pela literatura satisfazem os novos parâmetros físico-químicos e biológicos das classes criadas. Com as mudanças, um número maior de cenários passaram a satisfazer os critérios estabelecidos, que antes eram satisfeitos somente em duas ocasiões. Nota-se também que em vários casos somente parte dos parâmetros são atendidos, podendo-se inferir que com tratamentos simplificados, como desinfecção para os parâmetros biológicos, as condições de uso seriam satisfeitas. Isto possivelmente acarretaria em uma maior flexibilidade na utilização de sistemas de aproveitamento de água pluvial, contribuindo assim para a popularização do uso de tais alternativas e consequentemente para a conservação dos recursos hídricos. Contudo, mais estudos devem ser realizados para analisar a validade da sugestão de modificação, buscando atestar sua segurança.

Tabela 20 – Parâmetros atendidos pela qualidade de água para diferentes autores

Autor		Classe 1		Classe 2		Classe 3	
		Parâmetros		Parâmetros		Parâmetros	
		Físico-químicos	Biológicos	Físico-químicos	Biológicos	Físico-químicos	Biológicos
Jaques (2005)	telhado de amianto	não	não	sim	não	sim	não
	telhado cerâmico	não	não	sim	não	sim	não
	cisterna	não	não	não	não	não	não
Cardoso (2009)	centro, telhas cerâmicas	não	não	sim	não	sim	não
	centro, telhas metálicas	não	não	sim	sim	sim	sim
	bairro, telhas cerâmicas	não	não	sim	sim	sim	sim
	bairro, telhas metálicas	não	sim	sim	sim	sim	sim
Hagemann (2009)	água <i>in natura</i> *	não	não	não	sim	não	sim
	às margens de rodovia*	não	não	não	sim	não	sim
	campus UFSM	não	não	não	sim	não	sim
May (2009)	sem tratamento	não	não	sim	não	sim	sim
	sistema experimental	não	sim	sim	sim	sim	sim
	telhado de zinco	sim	sim	sim	sim	sim	sim
Pinheiro e Araújo (2017)	telhado de amianto*	sim	não	sim	não	sim	não
Teixeira et al. (2017)	água <i>in natura</i>	não	não	não	não	não	não
	telhado de concreto	sim	não	sim	não	sim	não
	telhado verde	sim	não	sim	não	sim	não

* considerando o descarte dos 2 mm iniciais de precipitação

Fonte: elaborado pela autora

5.2. Limitações do Trabalho

Ao longo da realização do trabalho, alguns fatores foram considerados limitantes:

- O principal certamente foi a barreira linguística, que reduziu o número de opções de países a serem estudados, visto que esta análise depende da disponibilidade de documentos oficiais elaborados em língua inglesa ou portuguesa, que são os idiomas compreendidos pela autora;
- O desconhecimento e falta de informação sobre as leis existentes nos países estudados e sua hierarquia, ocasionando incertezas a respeito da obrigatoriedade de implementação das exigências indicadas em cada documento;
- Falta de clareza ou objetividade nos documentos, que podem facilmente levar a interpretações equivocadas ou omitir informações relevantes;
- Número limitado de parâmetros analisados nos estudos utilizados como base, o que impede de atestar com maior certeza a viabilidade dos sistemas de aproveitamento de água pluvial.

5.3. Sugestões para Trabalhos Futuros

São algumas sugestões de temas relacionados para discussão em trabalhos futuros:

- Analisar maior gama de parâmetros físico-químicos e biológicos em amostras de água de sistemas de aproveitamento de água pluvial, a fim de averiguar se os valores encontrados se enquadram nas exigências para potabilidade;
- Desenvolver sistemas de aproveitamento de água pluvial para atender aos novos padrões de exigência sugeridos por este trabalho, visando atestar a segurança e viabilidade de serem utilizados;
- Realizar ensaios de amostras coletadas em sistemas de aproveitamento de água pluvial e verificar se atendem às normas internacionais;
- Analisar a água pluvial coletada em superfícies onde haja trânsito de pessoas, veículos e animais, como nos pavimentos drenantes.
- Ampliar o estudo, buscando uma base maior de normas e legislações internacionais, correlacionando também com outras fontes alternativas de água;
- Investigar o estado atual da arte de sistemas de aproveitamento de água pluvial nos países estudados, relatando problemas ou soluções comuns encontrados.

Referências

- AGENCIA NACIONAL DAS ÁGUAS – ANA. **Conservação e reuso da água em edificações**. São Paulo: ANA/ FIESP/ SindusCon-SP, 2005.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR 13969**: Tanques sépticos - Unidades de tratamento complementar e disposição final dos efluentes líquidos - Projeto, construção e operação. Rio de Janeiro: ABNT, 1997.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR 15527**: Água de chuva - Aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis - Requisitos. Rio de Janeiro: ABNT, 2007.
- BARRETO, Douglas. Perfil do consumo residencial e usos finais da água. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 8, n. 2, p.23-40, jun. 2008.
- BONA, Berenice de Oliveira. **Aproveitamento de água da chuva para fins não potáveis em edificação multifamiliar na cidade de Carazinho-RS**. 2014. 34 f. Trabalho de Conclusão de Curso - Curso de Pós em Eficiência Energética Aplicada aos Processos Produtivos, Universidade Federal de Santa Maria, Panambi, 2014.
- CABELL BRAND CENTER. **Virginia Rainwater Harvesting Manual**. Salem: Cabell Brand Center, 2009.
- CÂMARA MUNICIPAL DE FLORIANÓPOLIS (Município). **Lei Complementar Nº 060/2000, de 28 de Agosto de 2000**. Florianópolis, SC, 06 jul. 2016.
- CAMPOS, Marcus André Siqueira; AMORIM, Simar Vieira de. Aproveitamento de água pluvial em um edifício residencial multifamiliar no município de São Carlos. In: Conferência Latino-Americana de Construção Sustentável, 1., Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, 10., 2004, São Paulo, SP. **Anais**. São Paulo: ANTAC, 2004.
- CARDOSO, Daniel Corrêa. **Aproveitamento de Águas Pluviais em Habitações de Interesse Social – Caso: “Minha Casa Minha Vida”**. 2010. 65 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Estadual de Feira de Santana, Feira de Santana, 2010.
- CARDOSO, Manuelle Prado. **Viabilidade do Aproveitamento de Água de Chuva em Zonas Urbanas: Estudo de Caso no Município de Belo Horizonte - MG**. 2009. 192 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Pós em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2009.

- CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE – CONAMA. **Resolução nº 274, de 29 de novembro de 2000**. Define os critérios de balneabilidade em águas brasileiras. Brasília: Diário Oficial da União, 25 jan. 2001. n. 18, Seção 1, p. 70-71.
- CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE – CONAMA. **Resolução nº 357, de 17 de março de 2005**. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. Brasília: Diário Oficial da União, 18 mar. 2005. n. 53, Seção 1, p. 58-63.
- ENVIRONMENTAL HEALTH COMMITTEE. **Guidance on use of rainwater tanks**. 3 ed. [s. L.]: En Health, 2011.
- EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION. **DIN 16941-1**: On-site non-potable water systems - Part 1: Systems for the use of rainwater. Bruxelas: CEN, 2015.
- EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION. **DIN 16941-2**: On-site non-potable water systems – Part 2: Systems for the use of treated greywater. Bruxelas: CEN, 2017.
- GEORGIA DEPARTMENT OF COMMUNITY AFFAIRS. **Georgia Rainwater Harvesting Guidelines**. [s. l.]: DCA, 2009.
- GHISI, Eneidir. Potential for potable water savings by using rainwater in the residential sector of Brazil. **Building And Environment**, [s.l.], v. 41, n. 11, p.1544-1550, nov. 2006. Elsevier BV.
- GOLDENFUM, Joel Avruch. Reaproveitamento de águas pluviais. In: Simpósio Nacional Sobre o Uso da Água na Agricultura, 2., 2006, Passo Fundo. **Anais**. Passo Fundo: Comitê Rio Passo Fundo, 2006. p. 1 - 14.
- GONÇALVES, Ricardo Franci. **Uso Racional da Água em Edificações**. Rio de Janeiro: Abes, 2006.
- HAGEMANN, Sabrina Elicker. **Avaliação da qualidade da água da chuva e da viabilidade de sua captação e uso**. 2009. 140 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2009.
- HOINASKI, Leonardo; FRANCO, Davide; HAAS, Reinaldo; MARTINS, Renata Fátma; LISBOA, Henrique de Melo. Investigation of rainwater contamination sources in the southern part of Brazil. **Environmental Technology**, [s.l.], v. 35, n. 7, p.868-881, 25 nov. 2013.
- JAIQUES, Reginaldo Campolino. **Qualidade da água de chuva no município de Florianópolis e sua potencialidade para aproveitamento em edificações**. 2005. 102 f. Dissertação

- (Mestrado) - Curso de Engenharia Ambiental, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2005.
- KAMMERS, Pauline Cristiane; GHISI, Enedir. Usos finais de água em edifícios públicos localizados em Florianópolis, SC. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 6, n. 1, p.75-90, mar. 2006.
- KIM, Ree-Ho; LEE, Sangho; JEONG, Jinwoo; LEE, Jung-Hun; KIM, Yeong-Kwan. Reuse of greywater and rainwater using fiber filter media and metal membrane. **Desalination**, [s.l.], v. 202, n. 1-3, p.326-332, jan. 2007.
- KWAADSTENIET, M. de; DOBROWSKY, P. H; DEVENTER, A. van; KHAN, W; CLOETE, T. E. Domestic Rainwater Harvesting: Microbial and Chemical Water Quality and Point-of-Use Treatment Systems. **Water, Air, & Soil Pollution**, [s.l.], v. 224, n. 7, p.1-19, 30 jun. 2013.
- MARINOSKI, Ana Kelly; VIEIRA, Abel Silva; SILVA, Arthur Santos; GHISI, Enedir. Water End-Uses in Low-Income Houses in Southern Brazil. **Water**, [s.l.], v. 6, n. 7, p.1985-1999, 8 jul. 2014.
- MARINOSKI, Deivis Luis; GHISI, Enedir; GÓMEZ, Luis Alberto. Aproveitamento de água pluvial e dimensionamento de reservatório para fins não potáveis: estudo de caso em um conjunto residencial localizado em Florianópolis-SC. In: Conferência Latino-Americana de Construção Sustentável, 1., Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, 10., 2004, São Paulo, SP. **Anais**. São Paulo: ANTAC, 2004.
- MAY, Simone. **Caracterização, tratamento e reúso de águas cinzas e aproveitamento de águas pluviais em edificações**. 2009. 222 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Hidráulica e Sanitária, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009.
- MAY, Simone. **Estudo da viabilidade do aproveitamento de água de chuva para consumo não potável em edificações**. 2004. 159 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia de Construção Civil, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2004.
- MEINCHEIM, Douglas Leandro. **Potencial de economia de água potável por meio do aproveitamento de água pluvial em uma residência unifamiliar localizada em São José - SC**. 2015. 78 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2015.
- MINISTÉRIO DA SAÚDE. **Portaria nº 518, de 25 de março de 2004**. Estabelece os procedimentos e responsabilidades relativos ao controle e vigilância da qualidade da

- água para consumo humano e seu padrão de potabilidade, e dá outras providências. Brasília: Diário Oficial da União, 26 mar. 2004. n. 59, Seção 1, p. 266-270.
- MINISTÉRIO DA SAÚDE. **Portaria nº 2914, de 12 de dezembro de 2011**. Dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. Brasília: Diário Oficial da União.
- NATIONAL HEALTH AND MEDICAL RESEARCH COUNCIL. **Australian Drinking Water Guidelines**. 3.4. ed. Canberra: NHMRC, 2017.
- ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DE SAÚDE. **Progress on Drinking Water, Sanitation and Hygiene**. [s. l.]: Phoenix Design Aid A/s, 2017.
- PINHEIRO, Lidiane Gomes; ARAÚJO, André Luis Calado. Qualidade e aproveitamento da água de chuva. **Holos**, [s.l.], v. 8, p.135-146, 9 maio 2017. Instituto Federal de Educacao, Ciencia e Tecnologia do Rio Grande do Norte (IFRN).
- PROENÇA, Lúcio Costa; GHISI, Enedir. Water end-uses in Brazilian office buildings. **Resources, Conservation And Recycling**, [s.l.], v. 54, n. 8, p.489-500, jun. 2010. Elsevier BV.
- SANT'ANA, Daniel; BOEGER, Louise; MONTEIRO, Lilian. Aproveitamento de águas pluviais e o reúso de águas cinzas em edificios residenciais de Brasília – parte 1: reduções no consumo de água. **Água & Sociedade**, Brasília, v. 1, n. 10, p.77-84, 2013.
- SOUZA, Eduardo Leite; GHISI, Enedir. Potable Water Savings by Using Rainwater for Non-Potable Uses in Houses. **Water**, [s.l.], v. 4, n. 3, p.607-628, 29 ago. 2012.
- TEIXEIRA, Celimar Azambuja; BUDEL, Marcel Aramis; CARVALHO, Karina Querne de; BEZERRA, Stella Maris da Cruz; GHISI, Enedir. Estudo comparativo da qualidade da água da chuva coletada em telhado com telhas de concreto e em telhado verde para usos não potáveis. **Ambiente Construído**, [s.l.], v. 17, n. 2, p.135-155, jun. 2017.
- TOMAZ, Plínio. **Aproveitamento de Água de Chuva**. [s.l.]: Editora, 2010. Disponível em: <http://www.pliniotomaz.com.br/downloads/livros/Livro_aprov._aguadechuva/Livro_Aproveitamento_de_agua_de_chuva_5_dez_2015.pdf>. Acesso em: 03 abr. 2018.
- UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. **2012 Guidelines for Water Reuse**. Washington: EPA, 2012.
- WESTERN AUSTRALIA DEPARTMENT OF HEALTH. **DRAFT Alternate Water Supply Guidelines**. [s. L.]: WA Health, 2009.